

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ІНЖЕНЕРНО – ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

«На правах рукопису»  
УДК 621.789

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 201\_ р.

**Магістерська дисертація**  
**на здобуття ступеня магістра**  
зі спеціальності *131 - ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА*

на тему: Формування порожнистих полімерних виробів  
на видувному агрегаті

Виконала: студентка \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ курсу, групи ЛУ-61м  
(шифр групи)

Громова Вероніка Валеріївна \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник к.т.н., доц. Сокольський О.Л. \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант д.т.н., проф. Карвацький А.Я. \_\_\_\_\_  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2018 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра хімічного полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною (освітньо-науковою) програмою

Спеціальність (спеціалізація) 131. Прикладна механіка  
(код і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську дисертацію студенту**

Громова Вероніка Валеріївна

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Формування порожнистих полімерних виробів на видувному агрегаті  
науковий керівник дисертації Сокольський О.Л., к.т.н., доц.,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом по університету від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_
2. Строк подання студентом дисертації \_\_\_\_\_
3. Об'єкт дослідження Процес екструзійно-видувного формування порожнистих полімерних виробів з урахуванням геометрії заготовки й готового виробу, тиску і механічних властивостей матеріалу
4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) Порожністі полімерні вироби та обладнання для здійснення процесу екструзійно-видувного формування
5. Перелік завдань, які потрібно розробити встановити особливості процесів екструзійно-видувного формування виробів та обґрунтувати базові параметри процесу; виконати аналіз математичної моделі процесу; дослідити залежність розподілу товщин стінки порожнистих

виробів від параметрів процесу

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу 1. Постановка задачі розрахунку; 2. Пресформа для видувного формування; 3. Екструзійна головка; 4. Математична модель – 2 листи; 5. Числове моделювання процесу видувного формування; 6. Методика програмного регулювання товщини заготовки; 7. Аналіз результатів досліджень; 8. Перевірка достовірності результатів
7. Орієнтовний перелік публікацій 4 тези, стаття (додаток до журналу «Упаковка»), патент на корисну модель
8. Консультанти розділів дисертації\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз літературних джерел з теми дисертації	1.09.16-31.12.16	
2	Розробка методики експериментальних досліджень	1.09.16-31.12.16	
3	Розробка математичної моделі процесу	1.02.17-31.05.17	
4	Проведення експериментальних досліджень, визначення та аналіз похибок	1.06.17-30.10.17	
5	Аналіз отриманих результатів експериментальних досліджень	1.11.17-31.12.17	
6	Підготовка статті, доповіді на конференції	1.02.18-31.03.18	
7	Проведення чисельного моделювання, аналіз та порівняння результатів	1.11.17-15.04.18	
8	Підготовка статті до публікації, заявки на патент	1.02.18-15.04.18	
9	Оформлення текстової частини магістерської дисертації	15.04.18-5.04.18	
10	Оформлення графічної частини магістерської дисертації	15.04.18-5.05.18	
11	Доповідь на кафедрі	25.04.18	
12	Захист	15.05.18-25.05.18	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

\_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ З КЛЮЧОВИМИ СЛОВАМИ (УКР)

Магістерська дисертація: \_\_\_\_\_ стор., \_\_\_\_\_ рисунків, \_\_\_\_\_ табл., \_\_\_\_\_ літературних джерел.

Об'єкт проектування – процес екструзійно-видувного формування порожнистих полімерних виробів з урахуванням геометрії заготовки й готового виробу, тиску і механічних властивостей матеріалу.

Мета проекту – дослідити процес формування порожнистих полімерних виробів для досягнення найбільш рівномірної і мінімальної товщини стінки сформованої тари та знайти технологічні режими, необхідні для цього.

При виконанні досліджень в магістерській дисертації виконано наступне:

- 1) підтверджено актуальність процесу видувного формування для виробництва полімерних виробів, але знайдено, що деякі недоліки видувних агрегатів, які використовуються для виготовлення виробів, залишаються невирішеними, серед яких і висока різнотовщинність;
- 2) з метою усунення різнотовщинності стінок виробів проведено літературно-патентний огляд та подано патент на корисну модель, суть якого полягає в зниженні різнотовщинності шляхом зміни конструкції агрегату;
- 3) в ході літературно-патентного пошуку виявлено, що методика програмного регулювання товщини дозволяє отримати необхідні значення товщини стінки заготовки, забезпечуючи її рівнотовщинність та зменшення витрат матеріалу.
- 4) знайдено оптимальні значення основних параметрів видувного формування для обраної форми на основі вказаної методики, що підтверджуються проведеними розрахунками.

Результати магістерської дисертації можуть бути впроваджені на підприємствах пакувальної галузі виробництва, зокрема – для виготовлення пляшок та флаконів для хімічної, фармацевтичної та харчової промисловостей.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЕКСТРУЗІЙНО-ВИДУВНЕ ФОРМУВАННЯ, ПОЛІМЕРНІ ВИРОБИ, РІЗНОТОВЩИННІСТЬ, ЗАГОТОВКА, МЕТОДИКА, МОДЕЛЮВАННЯ, ТЕХНІЧНЕ РІШЕННЯ, АНАЛІЗ

## **ABSTRACT WITH KEYWORD (ENG)**

Master's thesis: \_\_\_\_ p., \_\_\_\_ figures, \_\_\_\_ tables, \_\_\_\_ literary.

The object of research is the process of extrusion blow molding of hollow polymer products taking into account the geometry of the parison and the finished product, the pressure and mechanical properties of the material.

The purpose of the research is to investigate the process of formation of hollow polymer products in order to achieve the most uniform and minimum wall thickness of the formed container and to find the necessary technological modes for this.

When carrying out research in the master's thesis, the following is done:

- 1) confirmed the relevance of the blow molding process for the production of polymer products, but found that some of the disadvantages of blow molding machines used for the manufacture of products remain unresolved, including high variability thickness;
- 2) in order to eliminate the variability thickness of the walls of products, a literature-patent review was carried out and a patent was filed for a utility model, the essence of which is to reduce the variability of the thickness by changing the design of the unit;
- 3) during the literary-patent search, it was revealed that the programming thickness adjustment technique allows obtaining the required values of the wall thickness of the parison, ensuring its equal thickness and reducing the material consumption.
- 4) the optimum values of the main blow molding parameters for the selected mold were found on the basis of this technique, which are confirmed by the calculations performed.

The results of the master's thesis can be introduced at the enterprises of the packaging industry, in particular - for the production bottles for the chemical and food industries.

**KEY WORDS:** BLOW MOLDING, POLYMER PRODUCTS, VARIABILITY THICKNESS, PARISON, TECHNIQUE, SIMULATION, TECHNICAL SOLUTION, ANALYSIS

## РЕФЕРАТ С КЛЮЧЕВЫМИ СЛОВАМИ (РУС)

Магистерская диссертация: \_\_\_\_\_ с., \_\_\_\_\_ рисунков, \_\_\_\_\_ табл., \_\_\_\_\_ литературных источников.

Объект исследования - процесс экструзионно-выдувного формования полых полимерных изделий с учетом геометрии заготовки и готового изделия, давления и механических свойств материала.

Цель исследования - исследовать процесс формирования полых полимерных изделий для достижения наиболее равномерной и минимальной толщины стенки сформированной тары и найти необходимые технологические режимы.

При выполнении магистерской диссертации выполнено следующее:

- 1) подтверждена актуальность процесса выдувного формования для производства полимерных изделий, но найдено, что некоторые недостатки выдувных агрегатов, используемых для изготовления изделий, остаются нерешенными, среди которых и высокая разнотолщинность;
- 2) с целью устранения разнотолщинности стенок изделий проведен литературно-патентный обзор и подан патент на полезную модель, суть которого заключается в снижении разнотолщинности путем изменения конструкции агрегата;
- 3) в ходе литературно-патентного поиска выявлено, что методика программного регулирования толщины позволяет получить требуемые значения толщины стенки заготовки, обеспечивая ее равнотолщинность и уменьшение расхода материала.
- 4) найдены оптимальные значения основных параметров выдувного формования для выбранной формы на основе указанной методики, которые подтверждаются проведенными расчетами.

Результаты магистерской диссертации могут быть внедрены на предприятиях упаковочной отрасли производства, в частности - для

изготовления бутылок и флаконов для химической и пищевой промышленности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЭКСТРУЗИОННО-ВЫДУВНОЕ ФОРМОВАНИЕ, ПОЛИМЕРНЫЕ ИЗДЕЛИЯ, РАЗНОТОЛЩИННОСТЬ, ЗАГОТОВКА, МЕТОДИКА, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ, АНАЛИЗ

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ .....	10
ВСТУП.....	12
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ЩОДО ВИДУВНОГО ФОРМУВАННЯ.....	16
2 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД .....	19
2.1 Технологічні способи виготовлення полімерних виробів .....	19
2.1.1 Методика розрахунку параметрів процесу видування.....	27
2.2 Огляд конструкцій видувних агрегатів.....	30
2.3 Огляд вітчизняних та зарубіжних патентів .....	34
2.3.1 Огляд патентів .....	34
2.3.2 Опис поданого патенту на корисну модель.....	38
3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВИДУВНОГО ФОРМУВАННЯ ...	41
3.1 Фізична модель видувного формування .....	41
3.2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ .....	43
4 ДОСЛІДНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА .....	47
4.1 НАТУРНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ .....	47
4.2 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ	
ВЕЛИЧИН.....	48
4.2.1 РОЗРАХУНОК ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ТОВЩИНИ СТІНКИ	
ВИРОБУ .....	50
4.2.2 РОЗРАХУНОК ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ВИСОТИ	
ПОЛІМЕРНОГО ВИРОБУ .....	52
4.3 ЧИСЛОВИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ .....	55
5 ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИДУВНОГО ФОРМУВАННЯ.....	63
5.1 РОЗРАХУНОК ТОВЩИНИ ЗАГОТОВКИ ПРИ ЗМІНІ РАДІУСА .....	63
5.2 РОЗРАХУНОК ТОВЩИНИ ЗАГОТОВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ	

ПРОГРАМНОГО РЕГУЛЮВАННЯ					ЛУ61м.025166.01-90ПЗ			67
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Громова				Літ.		Арк.	Акрушів
Перевір.	Сокольський						8	2
Реценз.					НТУУ «КПІ» ІХФ			
Н. Контр.								
Затверд.								



5.3 Дослідження однорідності товщини виробу при різному степені видуву .....	69
5.4 Оцінка достовірності числового моделювання.....	75
6 ВИМОГИ ДО ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ПОЛІМЕРНИХ ВИРОБІВ .....	77
6.1 Загальні положення та вимоги.....	77
6.2 Вимоги щодо технологічних процесів.....	82
6.3 Вимоги безпеки до організації робочих місць .....	86
7 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ .....	88
7.1 Опис ідеї проекту .....	88
7.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	89
7.3 Розробка ринкової стратегії проекту.....	93
7.4 Розробка маркетингової програми стартап-проекту .....	97
7.5 Висновки .....	101
ВИСНОВКИ.....	102
СПИСОК ПОСИЛАНЬ .....	103
ДОДАТКИ.....	106
Додаток А. Специфікації .....	107
Додаток Б. Публікації .....	108

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

$\Sigma$  – вся вільна область машини;

$\Omega_1$  – область розплаву;

$\Omega_2$  – область повітря;

– внутрішня границя форми;

– зовнішня границя;

– границя розплав-повітря;

– внутрішня поверхня розплаву;

– зовнішня поверхня розплаву;

– вісь симетрії;

– границя для розплаву;

– границя області повітря;

$u$  – швидкість потоку [ $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ];

$\rho$  – густина [ $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ];

$e$  – внутрішня енергія [ $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$ ];

$\tau$  – тензор напруження [Па];

$q$  – тепловий потік [ $\text{Вт} \cdot \text{с}^{-1}$ ];

$g$  – гравітаційне прискорення [ $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$ ];

$\Phi$  – густина джерела теплоти [ $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$ ];

$\mu$  – в'язкість [Па·с];

$p$  – зовнішній тиск, [Па];

$I$  – одиничний тензор другого рангу;

$\dot{\boldsymbol{\varepsilon}}$  – тензор швидкості деформації;

$\beta$  – це коефіцієнт тертя [ $\text{Н} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{с}$ ];

$\mathbf{n}$  – одиничний нормальний вектор;

$\mathbf{u}$  – вектор швидкості потоку;

$\mathbf{t}$  – одиничний тангенціальний вектор;

$\mathbf{e}_r$  – базисний вектор в радіальному напрямку;

$P_{tn}$  – це надлишковий тиск повітря;

$\nabla$  – оператор набла;

$\sigma_v$  – похибка вимірювання;

$\sigma_{пр}$  – похибка приладу;

$\sigma_{окр}$  – похибка округлення;

$\Delta_{дпп}$  – довідникова похибка приладу;

$\gamma_o$  – клас точності приладу;

$D_{вим}$  – діапазон вимірювання приладу;

$C$  – ціна поділки шкали приладу;

$\xi$  – коефіцієнт Стюдента;

$P_d$  – довірна ймовірність;

$n$  – кількість вимірювань;

$\sigma_{(X)}$  – повна похибка приладу фізичної величини;

$\bar{\delta}$  – середнє арифметичне значення величини;

$\sigma_{(\delta)}$  – середнє сумарне значення похибок;

$\Delta t_{ini}$  – мінімальний час на один крок, с;

$\Delta t_{max}$  – максимальний час на один крок, с;

$\Delta t_{min}$  – мінімальне значення часу, с;

$t_{max}$  – максимальне значення часу, с.

## ВСТУП

В даній магістерській дисертації розглядається процес видування полімерних порожнистих виробів на видувному агрегаті.

Людина швидко звикає до комфорту. Одним із таких комфортних явищ у нашому житті є пластикові вироби, без яких важко уявити сьогоденний побут. Спочатку в пластику бачили дешеву альтернативу іншим ресурсам, таким він залишається і зараз – саме тому пластик завоював ринок. До таких матеріалів можна віднести: ПЕ, ПП, ПВХ, ПЕТ та інших види полімерів.

Виготовлення різної тари і ємностей з перерахованих матеріалів методом видування здійснюється на екструзійно-видувних машинах. Дані машини знаходять широке застосування в багатьох галузях промислової, таких як парфумерна (флакони, баночки), фармацевтична (флакони, баночки, ємності), автомобільна (різні деталі), нафтохімічна (каністри, флакони), харчова (банки, упаковки) та ін.

Всі екструзійно-видувні агрегати включають в себе три основні складальні одиниці: екструдер, головка та приймально-видувний пристрій.

Частіше всього агрегати конструюються на базі універсальних черв'ячних машин, в якості генераторів розплаву використовуються також механізми пластикації і вприску литтєвих машин, які мають конструкцію типу «черв'як – поршень». Але є інші випадки, наприклад, для машин, які виробляють дуже великі вироби, доводиться проектувати спеціалізовані черв'ячні пластикатори.

В техніці виробництва профільних виробів методом екструзії головку не відносять до вузлів основної машини, а вважають змінним формуючим інструментом, так як для виробництва кожного нового виробу потрібна інша головка. При екструзії з видувом одна головка використовується протягом всього терміну експлуатації машини, а перехід на нові діаметр та товщину заготовки відбувається при зміні лише двох деталей головки: дорну та

мундштука. Тому видовні головки відносяться до складальних одиниць основного обладнання.

Призначення головки – сформувати заготовку розплаву з однаковою товщиною як по периметру перерізу, так і за висотою, та іноді – з заданим характером зміни товщини за висотою та по периметру.

Приймально-видувні пристрої включають в себе декілька механізмів відповідно до тих функцій, які вони виконують: ніж для відрізання ділянки заготовки, що підлягає формуванню; механізм транспортування заготовки від головки до форми, якщо остання розміщена не під формуючим отвором головки; механізм змикання і розмикання півформ; механізм закривання форм (часто він об'єднаний з механізмом змикання та розмикання); пристрій для переміщення механізму змикання з позиції на позицію, якщо машина багатопозиційна, тобто якщо різні операції над виробом у формі виконуються в різних місцях машини; механізм видуву заготовки; механізм відривання облою; механізм зняття виробу і (іноді) орієнтованої установки його на конвеєр. Очевидно, що кожен конкретний приймально-видувний пристрій може і не мати повного комплексу перелічених механізмів [1].

Можна виділити декілька ознак, за якими класифікують екструзійно-видувні агрегати:

- 1) за способом видуву: з видувом через головку, з видувом через ніпель, з видувом через голку, універсальні агрегати;
- 2) за режимом роботи екструдера: з циклічним режимом, з безперервним режимом;
- 3) за типом головки: з копильником, без копильника;
- 4) за кількістю вузлів змикання: однопозиційні, двопозиційні, багатопозиційні;
- 5) за способом подачі заготовки з головки в форму в одно- і двопозиційних машинах: з вузлами змикання, які переміщують; із стаціонарними вузлами змикання і механізмом відриву і транспортування заготовки; із стаціонарними вузлами змикання, що розміщені безпосередньо під головкою.

Сутність наукової проблеми. Дослідженням пластикової тари, її властивостями, процесом виготовлення виробів та переробкою займалися такі

дослідники, як Суберляк О. В., Пахаренко В.А., Яковлева Р. А., Пахаренко А. В., Костин П. П., Бортников В. Г., Липатов Ю. С. та ін. І до сьогодні існують деякі проблеми, пов'язані з пластиковою тарою, до яких можна віднести: тривалий цикл виготовлення, шорсткість поверхні, недостатня товщина стінок виробу, висока різнотовщинність та ін. Саме вирішенню останньої проблеми присвячена дана робота.

Актуальність роботи. Сучасне виробництво харчової та фармацевтичної продукції важко уявити без використання пластикової тари. Виробників приваблюють відносно низька вартість, невелика вага, стійкість до ударних навантажень, широкі можливості дизайну.

Полімерні матеріали використовуються як сировина для виготовлення пакувальних матеріалів, таких як пляшки, флакони, контейнери, каністри для пакування широкого асортименту харчових продуктів та інших товарів народного споживання. Наприклад: безалкогольні напої, алкогольні напої, миючі засоби, косметика, фармацевтичні продукти і харчові олії.

Мета дослідження. Дослідити процес формування порожнистих полімерних виробів під дією таких вхідних факторів, як форма заготовки, тиск в прес-формі, час роздуву заготовки для досягнення найбільш рівномірної і мінімальної товщини стінки сформованої тари та знайти технологічні режими, необхідні для цього.

Завдання дослідження. На основі аналізу літературних джерел, встановити особливості процесів екструзійно-видувного формування порожнистих полімерних виробів та обґрунтувати базові параметри процесу. Виконати аналіз математичної моделі процесу видуву порожнистих полімерних виробів. Дослідити залежність розподілу товщин стінки порожнистих полімерних виробів від параметрів процесу.

Об'єкт дослідження. Процес екструзійно-видувного формування порожнистих полімерних виробів з урахуванням геометрії заготовки й готового виробу, тиску і механічних властивостей матеріалу.

Предмет дослідження. Порожністі полімерні вироби та обладнання для здійснення процесу екструзійно-видувного формування.

Наукова новизна. Визначено початкові та граничні умови математичної моделі процесу формування. Експериментально встановлено параметри моделі стану полімерної заготовки. Досліджено розподіл товщини стінки порожнистих полімерних виробів в залежності від фізичних та технологічних параметрів. На основі проведених досліджень розв'язано задачу підвищення рівнотовщинності порожнистих полімерних виробів, отриманих методом екструзійно-видувного формування.

Практичне значення роботи. Запропоновано методику числових досліджень розподілу товщини стінки порожнистих полімерних виробів. Надано практичні рекомендації з вибору конструктивних, технологічних та фізичних параметрів для досягнення підвищення рівнотовщинності скляної тари, отриманої методом екструзійно-видувного формування.

Зв'язок роботи з науковими програмами кафедри. Магістерська дисертація відповідає наукового напрямку кафедри ХПСМ та виконана в рамках ініціативної НДР № 0110U006891 «Високоєфективні енерго- і ресурсозберігаючі технології та обладнання хімічної та споріднених промисловостей».

Особистий внесок автора. Всі представлені результати були виконані автором особисто з допомогою керівника.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ЩОДО ВИДУВНОГО ФОРМУВАННЯ

Призначення. Дослідити числовим методом екструзійно-видувного формування порожнистих полімерних виробів під дією таких вхідних факторів, як форма заготовки, тиск в формі, час роздуву заготовки для досягнення найбільш рівномірної та мінімальної товщини стінки сформованих виробів та знайти технологічні режими, необхідні для цього.

Галузь. Виготовлення методом екструзійно-видувного формування пакувальних полімерних виробів, таких як пляшки, флакони, контейнери, каністри для пакування широкого асортименту харчових продуктів та інших товарів народного споживання. Наприклад: безалкогольні напої, алкогольні напої, миючі засоби, косметика, фармацевтичні продукти і харчові олії.

Об'єкт дослідження. Процес екструзійно-видувного формування порожнистих полімерних виробів з урахуванням геометрії заготовки й готового виробу, тиску і механічних властивостей матеріалу.

Предмет дослідження. Порожністі полімерні вироби та обладнання для здійснення процесу екструзійно-видувного формування.

Доцільність досліджень. Виготовлення різної тари і ємностей з поліетилену, поліпропілену, полівінілхлориду та інших видів полімерів методом видування здійснюється на екструзійно-видувних машинах. Дані машини знаходять широке застосування в багатьох галузях промислової, таких як парфумерна (флакони, баночки), фармацевтична (флакони, баночки, ємності), автомобільна (різні деталі), нафтохімічна (каністри, флакони), харчова (банки, упаковки) та ін.

Всі екструзійно-видувні агрегати включають в себе три основні складальні одиниці: екструдер, головка та приймально-видувний пристрій.

Частіше всього агрегати конструюються на базі універсальних черв'ячних машин, в якості генераторів розплаву використовуються також механізми пластикації і вприску литтєвих машин, які мають конструкцію типу «черв'як –



поршень». Але є інші випадки, наприклад, для машин, які виробляють дуже великі вироби, доводиться проектувати спеціалізовані черв'ячні пластикатори.

В техніці виробництва профільних виробів методом екструзії головку не відносять до вузлів основної машини, а вважають змінним формуючим інструментом, так як для виробництва кожного нового виробу потрібна інша головка. При екструзії з видувом одна головка використовується протягом всього терміну експлуатації машини, а перехід на нові діаметр та товщину заготовки відбувається при зміні лише двох деталей головки: дорну та мундштука. Тому видувні головки відносяться до складальних одиниць основного обладнання.

Призначення головки – сформувати заготовку розплаву з однаковою товщиною як по периметру перерізу, так і за висотою, та іноді – з заданим характером зміни товщини за висотою та по периметру.

Приймально-видувні пристрої включають в себе декілька механізмів відповідно до тих функцій, які вони виконують: ніж для відрізання ділянки заготовки, що підлягає формуванню; механізм транспортування заготовки від головки до форми, якщо остання розміщена не під формуючим отвором головки; механізм змикання і розмикання півформ; механізм закривання форм (часто він об'єднаний з механізмом змикання та розмикання); пристрій для переміщення механізму змикання з позиції на позицію, якщо машина багатопозиційна, тобто якщо різні операції над виробом у формі виконуються в різних місцях машини; механізм видуву заготовки; механізм відривання облою; механізм зняття виробу і (іноді) орієнтованої установки його на конвеєр. Очевидно, що кожен конкретний приймально-видувний пристрій може і не мати повного комплексу перелічених механізмів [1].

Можна виділити декілька ознак, за якими класифікують екструзійно-видувні агрегати:

- 1) за способом видуву: з видувом через головку, з видувом через ніпель, з видувом через голку, універсальні агрегати;
- 2) за режимом роботи екструдера: з циклічним режимом, з безперервним режимом;

- 3) за типом головки: з копильником, без копильника;
- 4) за кількістю вузлів змикання: однопозиційні, двопозиційні, багатопозиційні;
- 5) за способом подачі заготовки з головки в форму в одно- і двопозиційних машинах: з вузлами змикання, які переміщують; із стаціонарними вузлами змикання і механізмом відриву і транспортування заготовки; із стаціонарними вузлами змикання, що розміщені безпосередньо під головкою.

## 2 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

### 2.1 Технологічні способи виготовлення полімерних виробів

Існує декілька технологічних різновидів видувного формування, які відрізняються способами виготовлення і видуву заготовки.

Можливі наступні способи виготовлення заготовки:

- 1) екструзія заготовки з її негайним видувом;
- 2) розігрівання попередньо екструдованої і охолодженої заготовки та подача її на видув;
- 3) виготовлення заготовки за допомогою лиття під тиском, часткове охолодження в литтєвій формі і перенесення її в видувну форму;
- 4) зварювання трубчастої заготовки з листа, нагрівання її і подача в форму;
- 5) нагрівання двох листових заготовок, сполучення їх і замикання між півформами з наступною подачею повітря між заготовками.

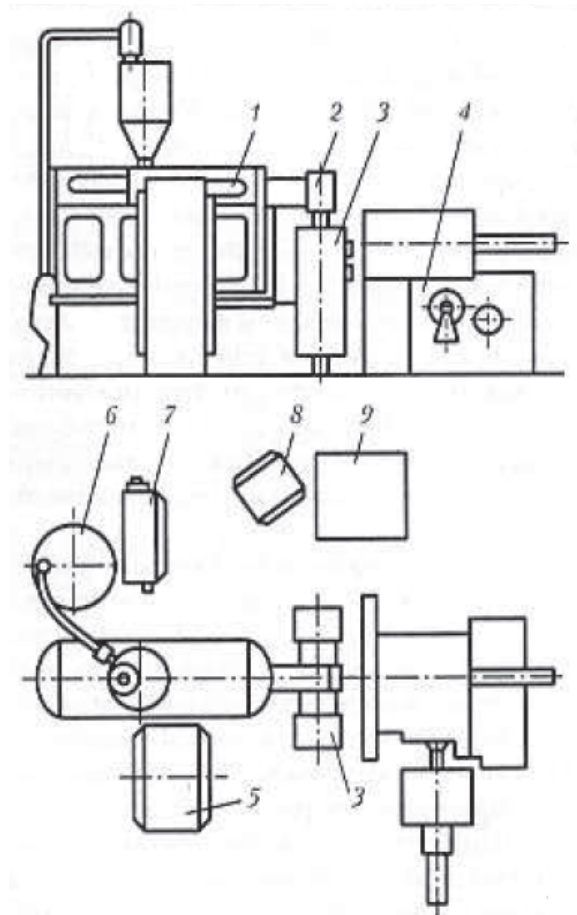
Виробництво виробів за допомогою цього способу відбувається в дві стадії: спочатку отримують трубчасту заготовку з температурою, нижчою за температуру плавлення, яку потім роздувають стисненим повітрям. На відміну від більшості методів отримання виробів з пластмас, в яких формування здійснюється з розплаву, в основі цієї технології лежать використання не тільки пластичної, але й переважно вискоеластичної деформації, яка притаманна тільки полімерам і є результатом переходу згорнутих в клубок чи зібраних в пачки макромолекул в витягнуту форму під дією механічних сил.

В залежності від обраного способу отримання заготовки розрізняють два методи видувного формування: екструзійний та литтєвий.

В першому випадку за допомогою екструдера формується заготовка у вигляді трубки (рукава), яка потім поступає в форму, де і відбувається власне процес формування виробу за рахунок створення всередині заготовки підвищеного тиску повітря.

Завдяки високій продуктивності та рівню автоматизації метод видувного формування на сьогодні є основним способом формування порожнистих виробів і, в результаті ряду удосконалень, цей метод дозволяє отримувати вироби об'ємом від одиниць мілілітрів до декількох десятків і навіть сотень літрів.

Для виготовлення порожнистих виробів застосовуються, як правило, екструдери порівняно невеликих розмірів, з діаметром шнека 50-90 мм. Так як опір головки порівняно невеликий, а основною вимогою є отримання розплаву з високою однорідністю, довжина шнека також не перевищує  $15-18D$ . Схематично процес виробництва порожнистих виробів можна зобразити наступним чином (Рис. 1)



1 – екструдер; 2 – головка; 3 – видувний пристрій; 4 – пристрій для видалення приливів; 5 – пристрій для підсушування гранул; 6 – пневмозавантажувач; 7 – системи пневмо- та гідроприводу; 8 – шкаф теплової автоматики; 9 – пульт управління

Рисунок 1 – Схема екструзійно-видувного агрегату

Розплавлений та гомогенізований в екструдері матеріал видавлюється з головки вниз у вигляді трубчастої заготовки, яка потрапляє в відкриту до того часу форму. Після того, як довжина заготовки досягне необхідної величини, півформи змикаються, затискаючи нижній та верхній краї заготовки своїми бортами. При цьому відбувається зварювання нижнього кінця заготовки і оформлення отвору на її верхньому кінці (або навпаки). Після змикання форми в неї крізь дорн або ніпель подається стиснуте повітря, під дією якого розм'якшений матеріал рукава приймає конфігурацію внутрішньої порожнини форми. В результаті дотику з холодними стінками форми полімер твердне; далі форма розкривається, а готовий виріб вилучається та направляється на кінцеву обробку (видалення приливів, зняття задир та ін.). Виробництво порожнистих виробів здійснюється на спеціальних агрегатах, які обладнані (крім екструдера) механізмом переміщення, роз'єму та змикання форми з гідравлічним або пневматичним приводом. Так як процес формування розділяється на дві нерівномірні по тривалості стадії: коротку стадію видавлювання заготовки та довгу – формування і охолодження виробу, то для підвищення продуктивності більшість агрегатів виконують або багатопозиційними, з декількома формами, або – особливо при виготовленні виробів невеликого об'єму – оснащується дво- або більш каналною формуючою головкою, іноді з декількома мундштуками на кожному каналі.

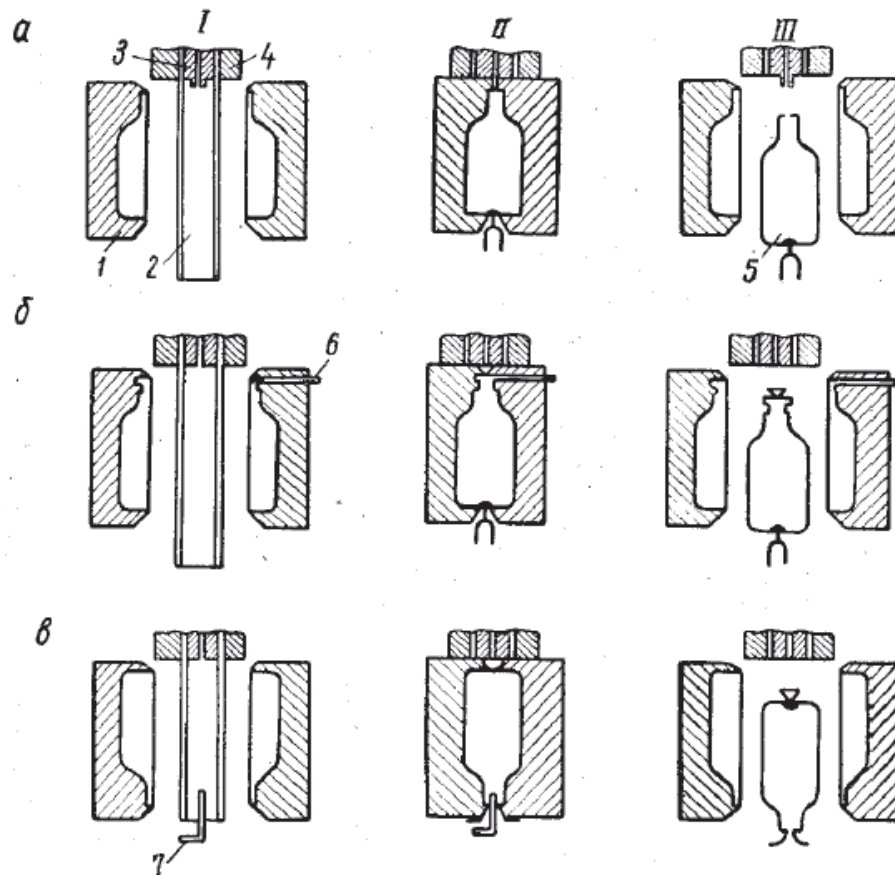
В першому випадку процеси отримання заготовки і оформлення виробу роз'єднані і відбуваються в одній формі, але в різних позиціях агрегату; в другому – потік матеріалу із екструдера надходить періодично в один або групу з'єднаних паралельно мундшуків, крізь які заготовки потрапляють в форму. За час формування і охолодження готових виробів в цій формі в решту подаються заготовки, починається процес формування і т. д. Для цього спеціальний кран, який з'єднаний з приводом півформи, направляє потік розплаву послідовно в кожен з каналів, що ведуть до формуючої головки. Для нормальної роботи агрегату швидкість видавлювання всіх заготовок повинна бути однаковою, оскільки змикання всіх форм відбувається одночасно.

Формування заготовки є важливою операцією, яка значною мірою визначає властивості і якість готового виробу. Розплав, який поступає в мундштук, повинен бути гомогенним, мати постійну температуру по всьому периметру заготовки і видавлюватися повністю рівномірно (без пульсації). Заготовка, яка виходить з головки в форму, зазнає впливу власної ваги, в результаті чого вона видавлюється. Степінь видавлювання заготовки неоднорідний по висоті, тому заготовка виходить різнотовщинною. Чим повільніше екструдується заготовка, тим довша дія сили тяжіння, і тим більша різнотовщинність.

Різнотовщинність заготовки залежить від швидкості видавлювання розплаву, його в'язкості та маси заготовки. Зазвичай, формування заготовки ведеться при мінімально можливій температурі розплаву і високій швидкості екструзії. Тому в сучасних машинах для управління формою, розмірами і товщиною стінок заготовки використовуються головки з програмним регулюванням (мікропроцесори), які дозволяють за рахунок зміни швидкості подачі розплаву і осевого переміщення конічного дорну формувати заготовку з необхідним ступенем різнотовщинності. Мінімальна різнотовщинність досягається при коефіцієнті видуву 3 – 3,5.

Відповідна програма складається попередньо з врахуванням геометрії виробу, температурних параметрів процесу і реологічних характеристик розплаву полімеру. Перед початком формування наступної заготовки дорн автоматично повертається в початкове положення.

В залежності від конструкції виробу і формуючого інструменту подача стисненого повітря для формування виробу може відбуватися через дорн (зверху), крізь спеціальний ніпель (знизу) або крізь порожнисту голку (Рис. 2). Останній спосіб застосовується, зазвичай, при виробництві замкнених виробів (без отворів), так як формуючий отвір в цьому випадку дуже незначний і затягуються розігрітим матеріалом після видалення голки [2].

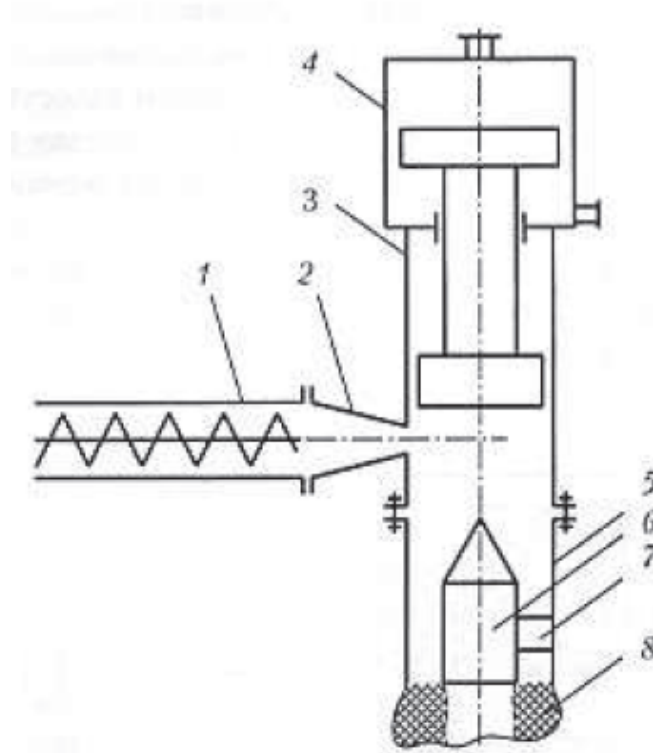


1 – форма; 2 – заготовка; 3 – дорн; 4 – головка; 5 – виріб; 6 – порожниста голка; 7 – штуцер; I – змикання півформи; II – видування заготовки і її охолодження; III – розмикання форми і вилучення виробу

Рисунок 2 – Варіанти подачі стисненого повітря зверху (а), через порожнисту голку (б), знизу (в)

При необхідності виготовлення великих по масі виробів звичайний екструдер не може забезпечити видавлювання заготовки з достатньою швидкістю, а установка високопродуктивного екструдера (з великим діаметром шнека) – не вигідна, так як через періодичність процесу формування виробу він буде використовуватись дуже непродуктивно. Тому агрегат для виробництва крупногабаритних виробів, як правило, оснащується копильником – горизонтальним або вертикальним гідравлічним пресом, матеріальний циліндр якого забезпечений обігрівачами.

Розплав надходить з екструдера в копильник через спеціальну проміжну головку (Рис. 3).



1 – екструдер; 2 – проміжна головка; 3 – копильник; 4 – гідродвигун плунжера копильника; 5 – рукавна головка; 6 – дорн; 7 – дорнотримач; 8 – рукав, що екструдується

Рисунок 3 – Схема екструзійно-видувного вузла з копильником

Після заповнення копильника екструдер зупиняють, в пресовій гідросистемі копильника створюється тиск, під дією якого його поршень з заданою швидкістю видавлює через кутову головку необхідну порцію розплаву полімеру (Рис. 3). Трубчаста заготовка потрапляє у форму, встановлену на спеціальній рамі; після змикання форми вмикається двигун екструдера, який подає в копильник нову порцію розплаву, в той час як у формі відбувається формування та охолодження виробу. Формування виробів здійснюється за допомогою повітря з тиском до 0,5 МПа, для видавлювання заготовки тиск в гідросистемі може досягати 15 МПа.

Готові сформовані вироби потребують додаткової обробки, оскільки на торцевих стінках (а іноді і на бокових) може бути залишковий матеріал, відтиснений бортом форми. Видалення таких приливів, відрізання прес-кантів, горловин або ніпелів відбувається за допомогою певних пристосувань або вручну.



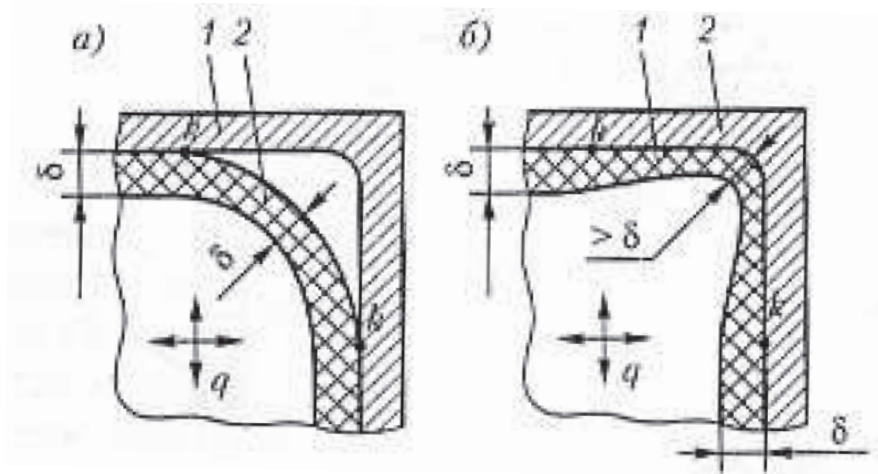
Отже, технологічний процес отримання виробу методом екструзійно-видувного формування складається з наступних операцій:

- гомогенізація розплаву і видавлювання рукавної заготовки;
- видув заготовки в формі і формування виробу;
- охолодження виробу і його вилучення з форми;
- остаточна обробка готових виробів.

При правильному виборі конструкції екструзійного агрегату він забезпечує необхідну якість розплаву полімеру (температура, гомогенність). Використання копильника повинно тільки сприяти більшій швидкості формування заготовки більшої форми.

Як вже було вказано раніше, формування заготовки пов'язано з виникненням різнотовщинності в результаті розбухання екструдату і розтягу під дією власної ваги. Розбухання екструдату визначається геометрією формуючого каналу, швидкістю видавлювання заготовки і переважно може бути враховане на стадії вибору технологом формуючого інструменту. Загалом, розбухання рукава зменшується зі збільшенням довжини каналу в головці, зростанням температури розплаву. При збільшенні швидкості видавлювання заготовки розбухання зростає. Зміна товщини стінки заготовки в результаті розтягу (Рис. 4) можна зменшити за рахунок зниження температури розплаву, але тільки до певної межі, так як це викликає необхідність підвищення тиску на стадії формування виробу і супроводжується погіршенням якості поверхні готових виробів.

Застосування мікропроцесорів не тільки повністю автоматизує стадію формування заготовки, але і дозволяє досягти високої стабільності роботи агрегату при виробництві високоякісних виробів [2].



а – початок видування; б – закінчення видування; 1 – форма; 2 – виріб

Рисунок 4 – Схема утворення різнотовщинності на кутах видувного виробу

Стадія видування заготовки починається після змикання півформ і защемлення частини контуру майбутнього виробу прес-кантами форми; одночасно трубчаста заготовка відокремлюється від формуючої головки. Видув заготовки має «вільний» характер – зміна товщини відбувається досить рівномірно, і рукав, який роздувається, має форму «бульбашки».

Після контакту заготовки, яка розширюється, з формою (Рис. 4, т.  $k$ ) ця

рівномірність порушується - деформація ділянок заготовки, які контактують з формою, припиняється в результаті більш швидкого охолодження (товщина

стілки  $\delta$ ), а формування решти ділянок виробу відбувається лише за рахунок

орієнтації при повздовжній витяжці в неохолоджених частинах заготовки

(ділянка  $k-k$ ). В цьому випадку товщина стінки зменшується. На якість виробу

на цій стадії процесу формування вирішального впливу надає тиск повітря і температура заготовки. Зі збільшенням тиску покращується якість поверхні, знижується короблення, зменшується час охолодження. Однак, формування з надлишковим тиском вимагає значного підвищення зусилля змикання форми.

Виробництво виробів методом екструзії з видувом супроводжується утворенням значної кількості відходів (до 35%). Більша їх частина цілком придатна для повторної переробки на тих же агрегатах після відповідної трансформації в гранули. При цьому кількість відходів, які додаються до свіжої сировини, не повинна перевищувати 30-40%.

Литтєвий метод видувного формування передбачає отримання заготовки методом лиття під тиском.

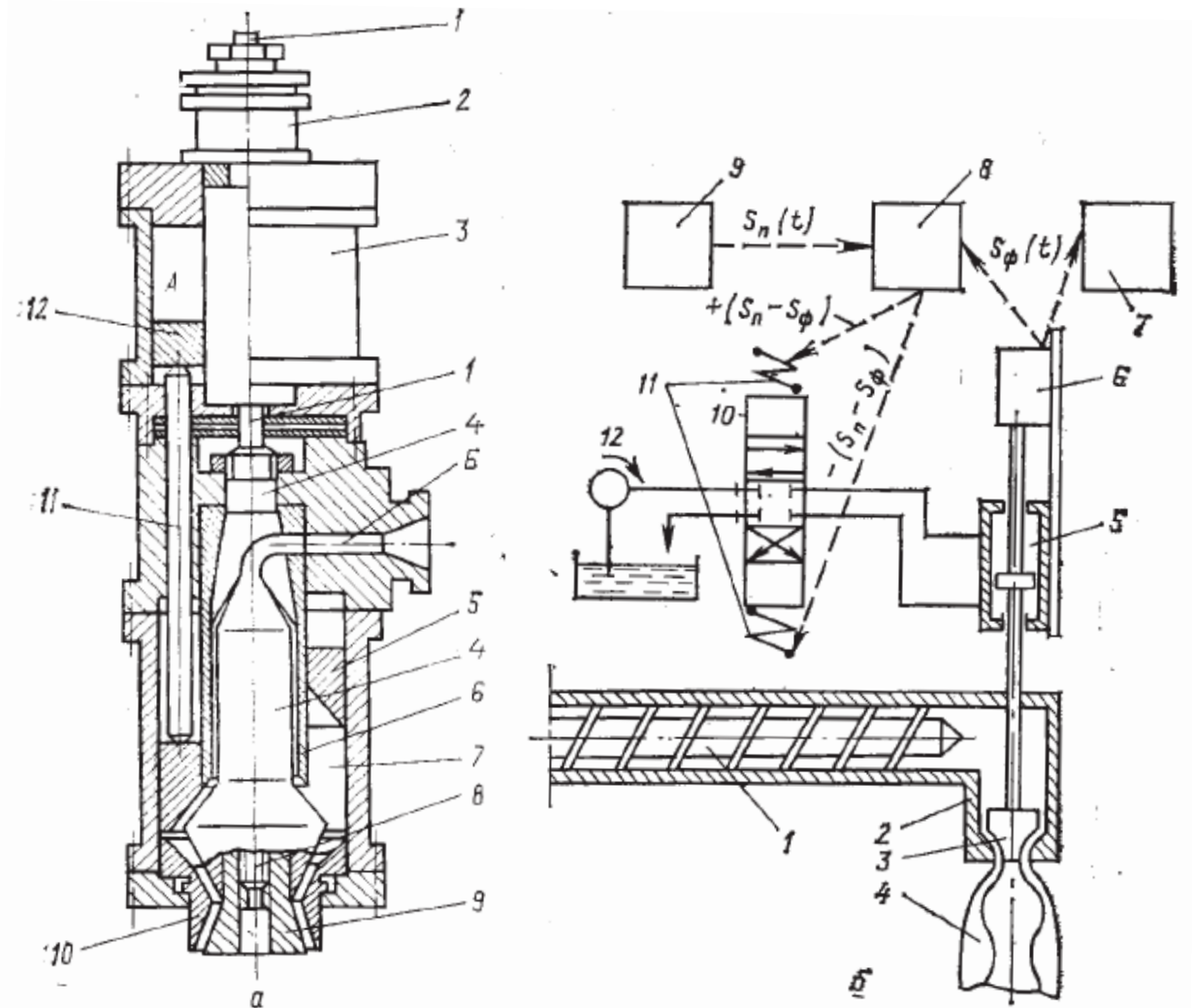
В цьому випадку розплав із циліндра термопластавтомата вприскується в литтєву форму і трубчаста заготовка оформлюється в зазорі між стінками форми і внутрішнім порожнистим сердечником. Заготовці може бути надана необхідна форма, при чому горловина, ручки, необхідні приливи на зовнішній поверхні оформляються відразу при литті. Після закінчення процесу лиття форма розмикається, і сердечник разом з гарячою заготовкою переміщується в другу форму, де після змикання полуформ здійснюється процес видуву за рахунок подачі стисненого повітря у внутрішню порожнину. При цьому розмір виробу збільшується, а товщина стінок зменшується. Так як геометрична форма заготовки задається попередньо, цей метод дозволяє отримувати складні за конфігурацією вироби, вироби з рівномірною товщиною стінок і необхідним співвідношенням товщини стінок в різних його частинах, але через необхідність переобладнання литтєвих машин, а також через високу вартість литтєвих і видувних форм цей метод знаходить обмежене застосування [3].

### 2.1.1 Методика розрахунку параметрів процесу видування

Щоб позбавитись деяких недоліків роздувного формування проведено дослідження, які показують, що уникнення різнотовщинності виробу можна досягти змінюючи переріз вихідного каналу головки за певною програмою. На рисунку 5,а показана головка з накопичувачем 7, яка призначена для отримання заготовки з необхідною зміною товщини стінки по її висоті. Зміна товщини стінки заготовки в процесі її екструзії досягається шляхом осьового зміщення дорну 9 відносно мундштуку 10. Розплав подається з екструдера в канал Б і потім в кільцевий канал, який утворений тримачем дорна 4 і втулкою 6. Далі розплав потрапляє в порожнину 7 накопичувача і віджимає до верху поршень накопичувача 5.

Після накопичення необхідної дози подача розплаву припиняється і починається видача заготовки. Під необхідним тиском масло подається в порожнину А гідроциліндра 3, і поршень 5 починає видавлювати розплав із накопичувача через формуючий канал. При цьому дорн безперервно зміщується вгору або вниз гідроциліндром подвійної дії 2, у якого шток 1, проходячи наскрізь через тримач 4, зв'язаний з дорном 9 різьбовим хвостовиком 8. Інший кінець штоку, виходячи з верхньої частини циліндра 2, зв'язаний з датчиком поточного положення дорна, який безперервно подає цю інформацію в систему, що забезпечує програмну зміну положення дорна [4].

Схема програмної зміни положення дорна показана на рисунку 2.9,б. Розплав подається екструдером 1 в головку 2 без накопичувача, з якої виходить заготовка 4. Рухомий дорн 3 зв'язаний з поршнем гідроциліндра 5, який управляється за допомогою реверсивного золотникового розподільника 10, що має електромагнітний привід 11. Масло під тиском поступає в розподільник від насоса 12. Дорн також має датчик 6 положення його відносно мундштуку, який посиляє безперервний сигнал в блок порівняння 8. В блок 9 заздалегідь закладається програма у вигляді  $S_n = S_n(t)$ , де  $S_n$  – запрограмоване положення дорна,  $t$  – час.



а – конструкція головки: 1 – шток поршня гідроциліндра; 2 – гідроциліндр управління дорном; 3 – гідроциліндр накопичувача; 4 – тримач дорна; 5 – поршень накопичувача; 6 – втулка; 7 – порожнина накопичувача; 8 – різьбовий хвостовик штоку; 9 – дорн; 10 – мундштук; 11 – штанга; 12 – поршень гідроциліндра;

б – схема програмної зміни положення дорна: 1 – екструдер; 2 – головка; 3 – дорн; 4 – заготовка; 5 – гідроциліндр; 6 – датчик положення дорна; 7 – самописець; 8 – блок порівняння; 9 – блок задання програми зміни товщини заготовки; 10 – реверсивний золотниковий розподільник; 11 – електромагнітний привід розподільника; 12 – насос

Рисунок 5 – Головка з програмним регулюванням товщини стінки заготовки

На момент початку екструзії ця програма починає видаватись у вигляді електричного сигналу із блоку 9 в блок порівняння 8, який порівнює сигнал програми  $S_{\text{н}}(t)$  з сигналом  $S_{\text{д}}(t)$  від датчика 6 ( $S_{\text{д}}(t)$  - фактичне положення дорну) і, у випадку розбіжності цих сигналів, подає команду на гідророзподільник, а отже, і на переміщення дорну до відновлення рівності між двома вказаними сигналами. Самописець 7 записує фактичне переміщення дорну  $S_{\text{д}}(t)$  з метою коригування програми, якщо розподілення товщини по висоті виробу не відповідає заданому.

## 2.2 Огляд конструкцій видувних агрегатів

В даній роботі досліджується процес формування порожнистої полімерної тари на видувному агрегаті. Конструкція і взаємне розміщення як основних, так і окремих одиниць механізмів, в рамках кожної з них дуже різноманітні [5, 6].

На рис. 6 показана загальне компонування екструзійно-видувного агрегату для виробництва виробів місткістю 2-10 л.

Агрегат оснащений універсальним екструдером 1, який встановлений на підставці 11. На механізмі змикання закріплений ніж 3 для обрізання заготовки на ділянці між формою та головкою. Ніж приводиться в рух від пневмоциліндру 4. Вузол змикання встановлений стаціонарно, агрегат однопозиційний.

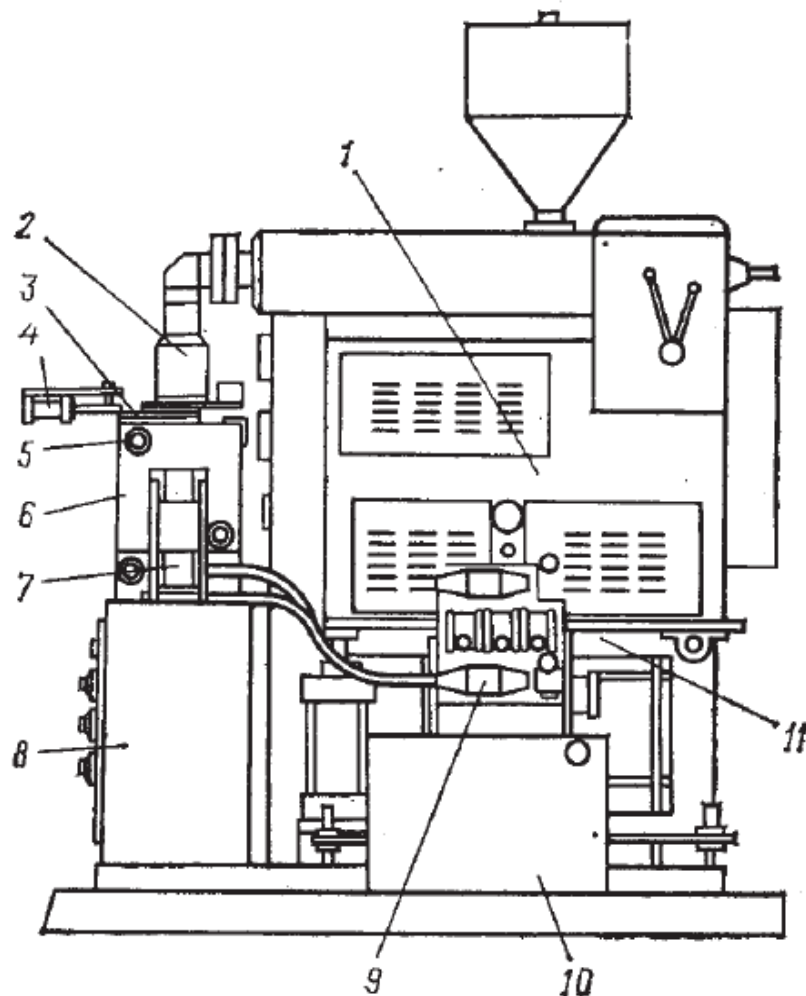
Основні недоліки зображеного агрегату – це циклічний режим роботи екструдера з частим вмиканням, що знижує температурну однорідність розплаву заготовки і прискорює зношуваність приводу черв'яка, а також непродуктивні простой екструдера під час охолодження в формі і вузла змикання під час видачі заготовки.

Існує два способи забезпечення неперервного режиму роботи екструдера.

Перший спосіб є доцільним при виробництві великих виробів місткістю понад 500 л, коли продуктивність одного чи навіть двох екструдерів, які

одночасно працюють в циклічному режимі, виявляється недостатньою для того, щоб видавити заготовку за необхідний час.

Аналогічний екструзійно-видувний агрегат показаний на кресленні ЛУ61м.025165.001-90ВЗ.

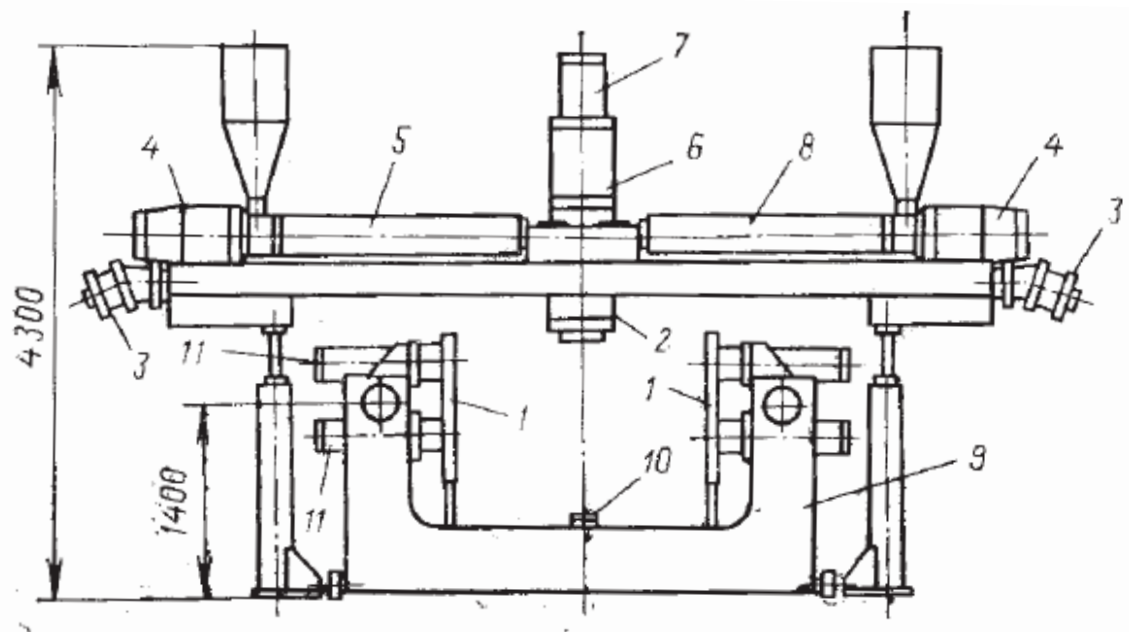


1 – екструдер; 2 – головка; 3 – ніж; 4 – пневмоциліндр; 5 – колона; 6 – нерухома плита; 7 – гідроциліндр приводу рухомих плит; 8 – шафа з механізмами видуву і вилучення виробів з приладами електроавтоматики; 9 – блок золотникових розподільвачів; 10 – масляний бак; 11 – підставка

Рисунок 6 – Екструзійно-видувний агрегат для виробництва виробів середньої місткості

В цьому випадку головку 2 оснащують копильником 6 (Рис. 7). Один або два екструдери 5 і 8 безперервно подають розплав в копильник 6. Для більш

рівномірного розподілу зусилля закривання по площі крупногабаритних плит 1, кожна з них оснащена двома гідроциліндрами 11.



1 – плити вузла змикання; 2 – головка; 3 – гідроприводи екструдерів; 4 – редуктори; 5,8 – екструдери; 6 – копильник; 7 – гідроциліндр для видавлювання розплаву з копильника; 9 – приймально-видувний пристрій; 10 – механізм видуву; 11 – гідроциліндри механізму закривання видувної форми

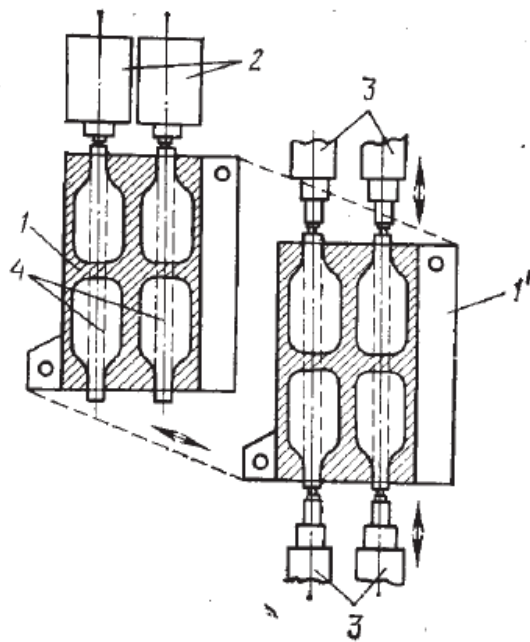
Рисунок 7 – Екструзійно-видувний агрегат для виробництва виробів великої місткості

Час видачі заготовки в 2-5 разів менший за час циклу роботи машини, тому продуктивність екструдера, габарити та металоємність при безперервному режимі роботи з копильником можуть бути в стільки ж разів менші, порівняно з циклічним режимом. Це дуже важливо для агрегатів високої потужності.

Другий спосіб доцільний при виробництві виробів місткістю менше 2 л, коли продуктивність екструдера більша або достатня для безпосередньої видачі заготовки через головку без копильника за необхідний час. В цьому випадку агрегати роблять багатопозиційними: екструдер з головою, працюючи безперервно, обслуговує послідовно два або більше вузлів змикання з формами. Вузли змикання виконуються рухомими, вони підводяться до головки на час видачі і захвату заготовки, і потім відводяться від неї. Приклад схем таких

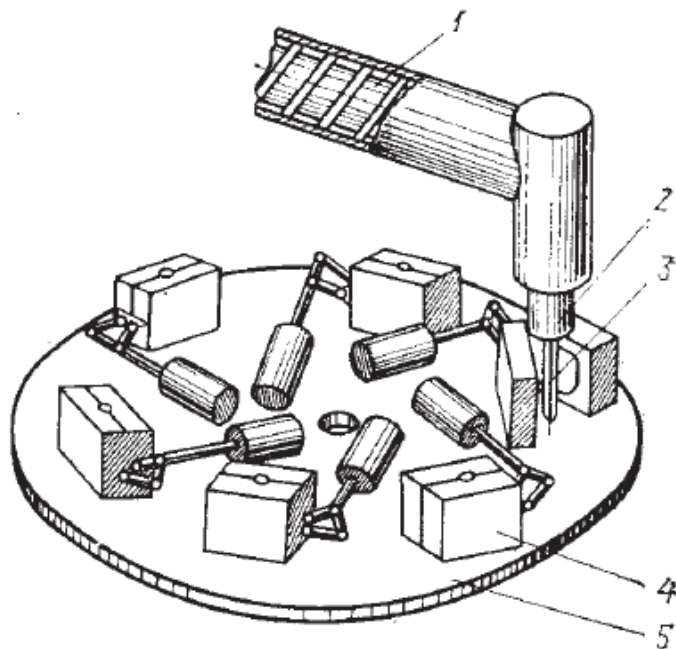


агрегатів для виробів місткістю 0,2-1,0 і 0,05-0,2 л наведені на рисунках 8 – 9 відповідно.



1, 1' – вузли змикання; 2 – головка; 3 – ніпелі; 4 – заготовки

Рисунок 8 – Схема двопозиційного екструзійно-видувного агрегату для виробництва виробів середньої місткості



1 – екструдер; 2 – головка; 3 – заготовка; 4 – форма; 5 – ротор

Рисунок 9 – Схема багатопозиційного ротаційного екструзійно-видувного агрегату для виробництва дрібних виробів

### 2.3 Огляд вітчизняних та зарубіжних патентів

### 2.3.1 Огляд патентів

Відома форма для видувного формування [1], що містить дві півформи, які в зімкненому стані утворюють формуючу порожнину.

Недоліком цієї форми є те, що в неї трубчаста заготовка приймається без підтримки, тому вона під час виходу з екструзійної головки встигає нерівномірно розтягнутись під дією власної ваги.

В [7] розглянута форма для видувного формування порожнистих пластикових виробів, яка містить дві півформи, які в зімкненому стані утворюють формуючу порожнину, та нижню частину з механізмом її пересування.

Недоліком цієї форми є те, що трубчаста заготовка в ній також приймається без підтримки, а нижня частина виконує лише функцію замикання півформ.

В аналогічних агрегатах та машинах також спостерігаються недоліки, пов'язані з конструкцією форми, тому з метою усунення цих та інших недоліків машин нижче розглядаються патенти.

В [8] розглянуто головку для видувного формування порожнистих виробів, де задачею винаходу є усунення недоліків форми, пов'язаних з радіальним розподіленням полімеру, яке спричиняє різнотовщинність виробу. Друга задача полягає у створенні екструзійної багатофункціональної головки, яка буде призначена для різних типів виробництва без необхідності конструкційних змін.

Видувна форма містить екструзійну головку для видувного формування, яка містить корпус, який створює всередині циліндричну камеру. В цій камері аксіально встановлений пуансон, який має циліндричну форму та утворює циліндричний зазор між зовнішньою поверхнею пуансона і внутрішньою поверхнею корпусу, через який тече розплавлений матеріал, що подається екструдером.

Технічний результат досягається тим, що екструзійна головка додатково містить плунжер, який підтримує вставку, що забезпечує овальну форму. Плунжер рухомо аксіально встановлений в камері, яка знаходиться в нижній частині пуансона та може відкриватися вниз. Таким чином, плунжер може переміщатися із положення спокою в висунуте робоче положення. Отже, нижній край вставки, який виступає вниз із нижньої частини пуансона, дозволяє здійснити регулювання радіального розподілу внутрішньої поверхні полімеру. Оскільки нижній край вставки асиметричний, в той час як нижній край матриці симетричний, виконується належний розподіл товщини заготовки у співвідношенні до вимог виробництва і подальший процес видувного формування в формі. На рисунку 2.9 зображено нижню частину головки, коли пуансон екструзійної головки знаходиться в піднятому робочому положенні та плунжер – в положенні спокою.

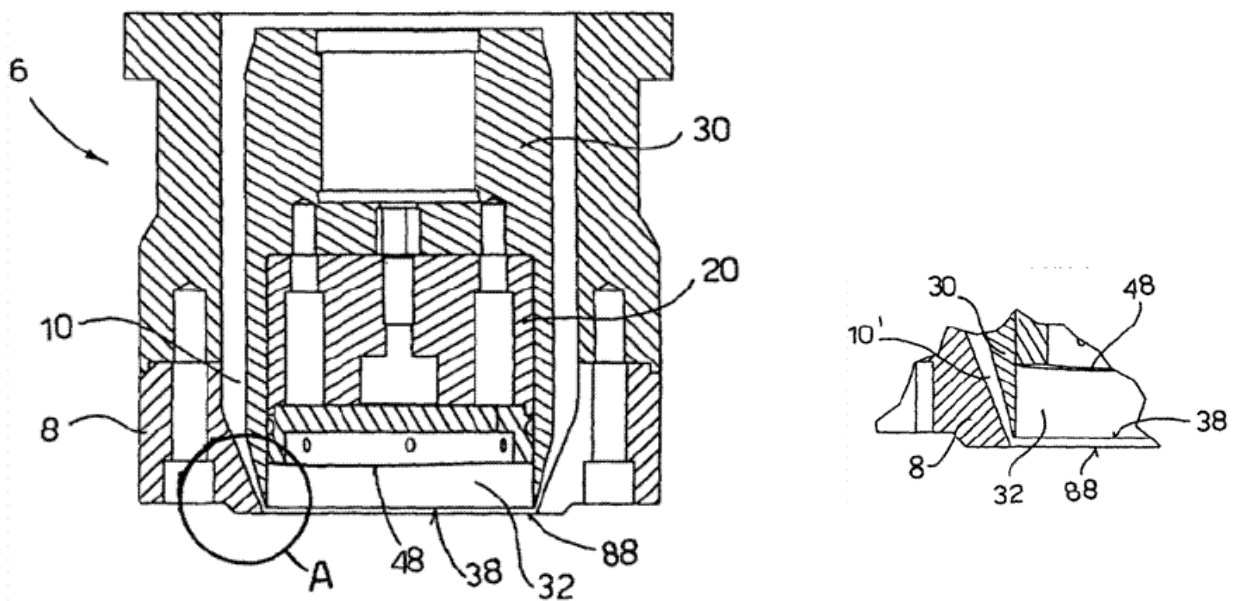


Рисунок 10 – Зображення нижньої частини головки

В такому положенні плунжер 20 знаходиться в камері 32 нижньої частини пуансона, і нижній край 48 вставки 40 не виступає назовні відносно нижнього краю 38 нижньої частини 30 пуансона. Пуансон 3 піднятий, і нижня частина 30 пуансона знаходиться всередині матриці 6; отже, нижній край 38 нижньої частини пуансона не виступає назовні відносно нижнього краю 88 матриці 6.

Розплавлений матеріал може проходити через звуження 10' зазору 10; однак, в цьому випадку внутрішня поверхня розплавленого матеріалу вступає в контакт з нижнім краєм 48 вставки 40. Коли в формі видувається заготовка з нерівномірною товщиною, готовий виріб має рівномірний розподіл бокових стінок.

В [9] розглянуто пристрій для видувного формування пляшок. Основна мета даного винаходу полягає в тому, щоб вирішити проблеми складної конструкції керуючого пристрою, низької ефективності та порівняно невисокої точності.

На рис. 11 показано відкритий стан звичайного пристрою для видувного формування пляшок.

Для досягнення вищезгаданої мети пристрій для формування пляшок відповідно до даного винаходу містить: платформу для підтримки з отвором; коаксіальний пристрій, розміщений поряд з опорною платформою і який включає в себе привідний вал, що рухається вздовж першого напрямку, частину стаціонарної форми, яка розташована з можливістю обертання на опорній платформі рухомого валу, рухомий вал обертається першою частиною для відкривання та закриття рухомої частини по відношенню до стаціонарної форми.

Пристрій для видувного формування пляшок відрізняється тим, що в ванну для рухомого валу вставлено опорну платформу, яка з'єднана з однією стороною рухомої частини форми, а також відрізняється тим, що вал рухомої форми вставлено через опорну платформу і він одним кінцем з'єднаний з однією стороною рухомої частини форми.

На рисунку 12 зображено змінену конструкцію пристрою, показано відкрите положення форми пристрою згідно з переважним варіантом здійснення винаходу.

Пристрій видувного формування пляшок включає в себе лише один привід, який обертає коаксіальний привід, тоді перший, другий і третій елементи керування переносять рухливу частину прес-форми, нижню частину прес-форми та блокування блоку для здійснення операцій відкриття та закупорювання, підняття нижньої частини форми, а також блокування та розблокування блоку. Таким чином, структура пристрою для видувного формування спрощена, ефективність роботи покращується, а вартість зменшується.

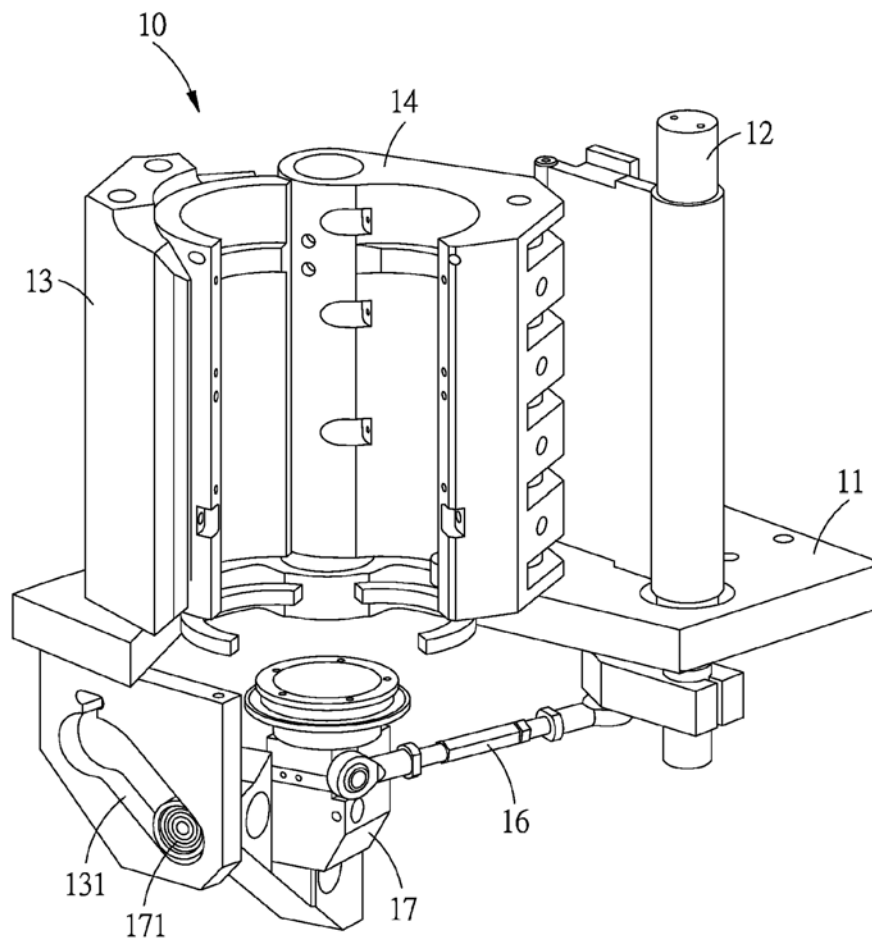


Рисунок 11 – Зображення пристрою у відкритому стані

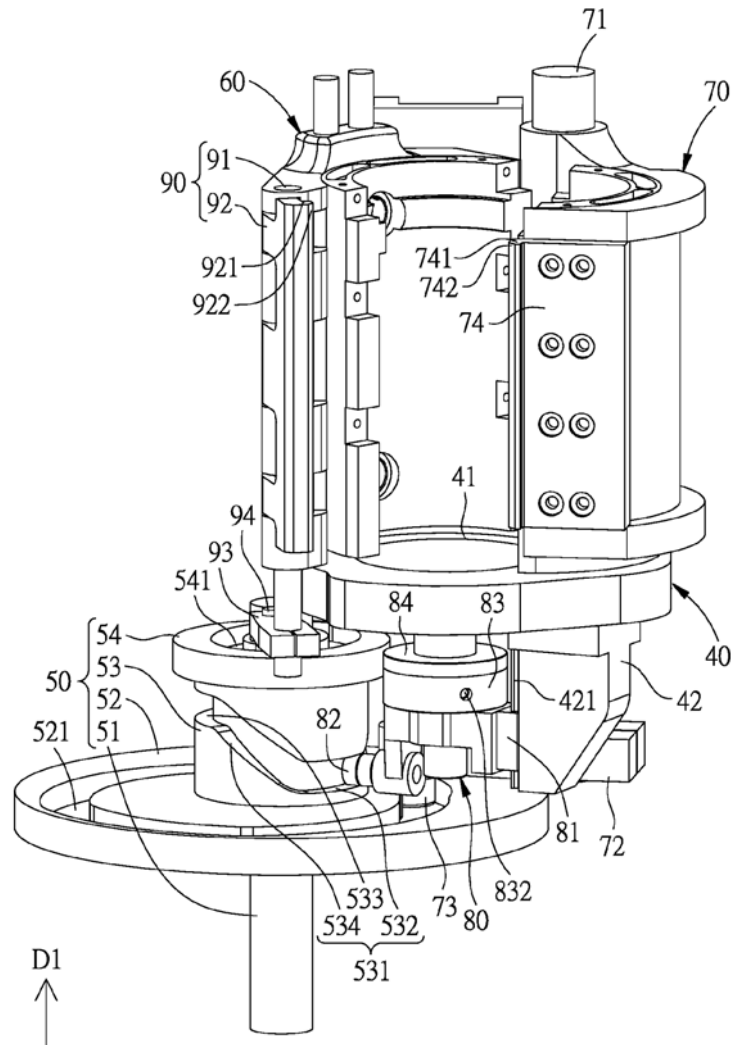


Рисунок 12 – Модернізована конструкція пристрою для видувного формування

Також в [10-21] описані методи підвищення продуктивності видувних агрегатів, покращення та спрощення конструкцій машин та їх вузлів.

### 2.3.2 Опис поданого патенту на корисну модель

На основі проведеного огляду було запропоновано вдосконалення конструкції форми для видувного формування, на яку оформлено заявку на патент України.

В результаті досліджень конструкцій видувних агрегатів та основних чинників процесу формування виробів подано заявку на корисну модель [22].

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалити форму для видувного формування порожнистих пластикових виробів шляхом надання нижній частині можливості рухатись зі швидкістю, рівною швидкості виходу заготовки з екструзійної головки, підтримуючи заготовку та запобігаючи її деформації під дією власної ваги.

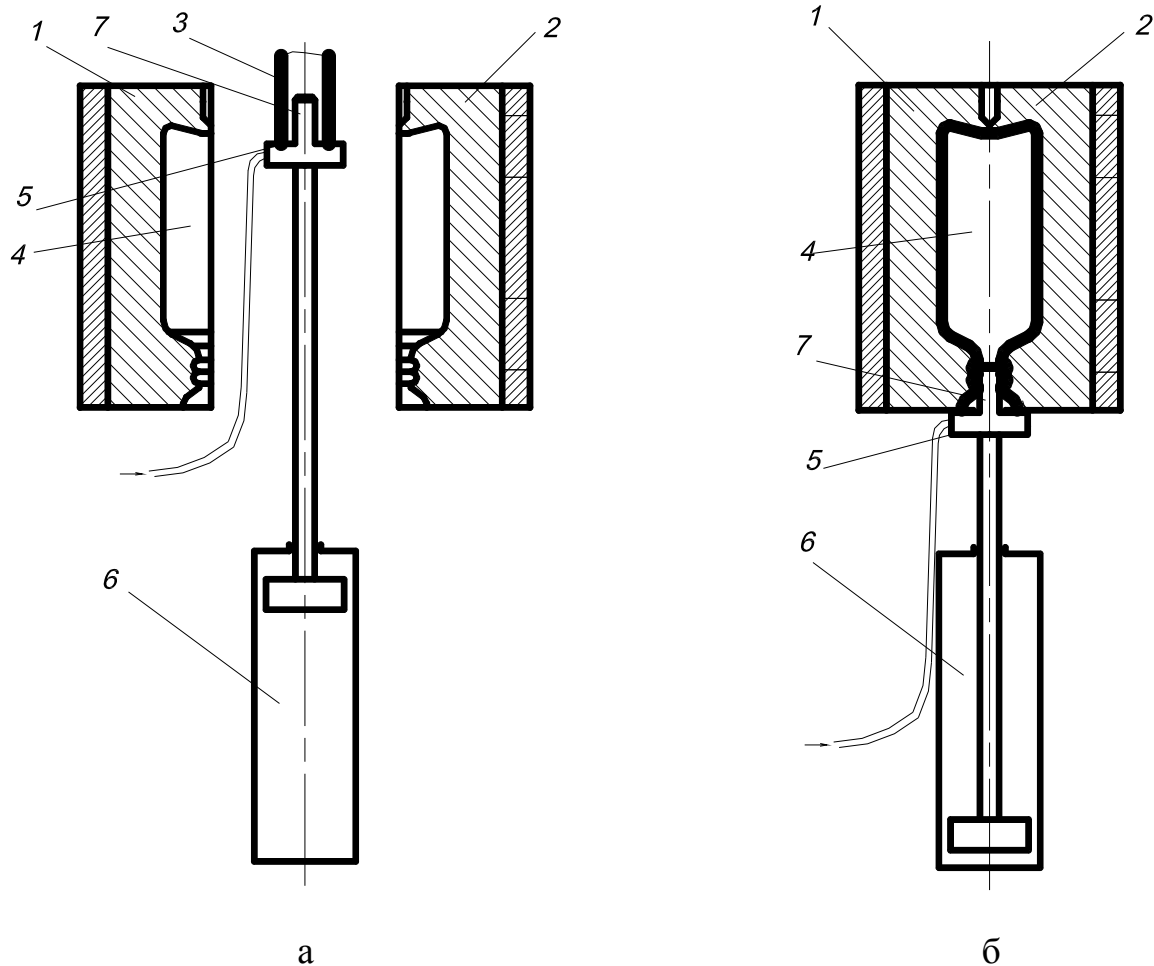
Поставлена задача досягається тим, що в формі для видувного формування порожнистих пластикових виробів, що містить дві півформи, які в зімкненому стані утворюють формуючу порожнину, та нижню частину з механізмом її пересування, новим є те, що нижня частина має можливість рухатись вниз від екструзійної головки до повної довжини заготовки зі швидкістю, рівною швидкості виходу заготовки.

Сутність корисної моделі пояснюються кресленнями відповідно до рисунку 13, де показано стадію екструдуювання заготовки (Рис. 13, а) та стадію видуву (Рис. 13, б).

Форма для видувного формування порожнистих пластикових виробів складається з двох півформ 1 та 2 (Рис. 13, а), які в зімкненому стані затискають заготовку 3 і утворюють формуючу порожнину 4 (Рис. 13, б), та нижньої частини 5 з механізмом її пересування 6 і ніпелем 7.

Форма для видувного формування порожнистих пластикових виробів працює таким чином.

Нижня частина 5 підводиться механізмом пересування 6 під нижній торець екструзійної головки (не показана). Одночасно з виходом заготовки 3 із головки нижня частина 5 рухається механізмом пересування 6 з однаковою з заготовкою 3 швидкістю вниз до досягнення останньою повної заданої довжини. Після цього півформи 1 і 2 змикаються, затискають заготовку 3 і утворюють формуючу порожнину 4. Всередину заготовки 3 крізь ніпель 7 подається повітря, під тиском якого заготовка 3 приймає форму формуючої порожнини 4 та охолоджується, після чого півформи 1 і 2 розмикаються, а готовий виріб виймається.



1, 2 – півформи; 3 – заготовка; 4 – формуюча порожнина; 5 – нижня частина;  
 6 – механізм пересування; 7 - ніпель

Рисунок 13 - Форма для видувного формування порожнистих пластикових виробів

Пропонована корисна модель дає змогу отримувати порожнисті пластикові вироби з більш передбачуваною та рівномірною товщиною стінки.



### 3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВИДУВНОГО ФОРМУВАННЯ

#### 3.1 Фізична модель видувного формування

Для того, щоб сформулювати математичну задачу для видувного формування, розглядають різні механічні частини (області) формувальної машини: області повітря, область форми та область розплаву. Кожна з цих частин характеризується своїми фізичними властивостями та поведінкою. У підсумку всі ці області об'єднуються в одну модель процесу формування. Тому кожна частина формувальної машини являє собою область для числового аналізу [23-28].

У цьому контексті формувальна машина визначається як ціле формувальне обладнання, як простір, що примикає до обладнання. Область формувальної машини підрозділяється на підобласті для різних компонентів, наприклад, форма для видуву, заготовка. Область простору, що входить до складу обладнання, підрозділяється на підобласті для формування матеріалу та повітря.

Наступні підобласті та границі визначаються з відповідними символічними позначеннями. Вся відкрита область формувальної машини, що складається з обладнання, формуючого матеріалу (розплаву) та повітря, позначається  $\Sigma$ . Область "рідини"  $\Omega$  складається з відкритої області формуючого матеріалу або області розплаву  $\Omega_1$ , відкритої області повітря  $\Omega_a$ , внутрішньої границі розплав-повітря та зовнішньої границі розплав-повітря. Границя розплав-повітря, яка також називається як поверхня розплаву,

визначається так:

На рисунку 14 показано розбиття області формувальної машини для осесиметричного формування.

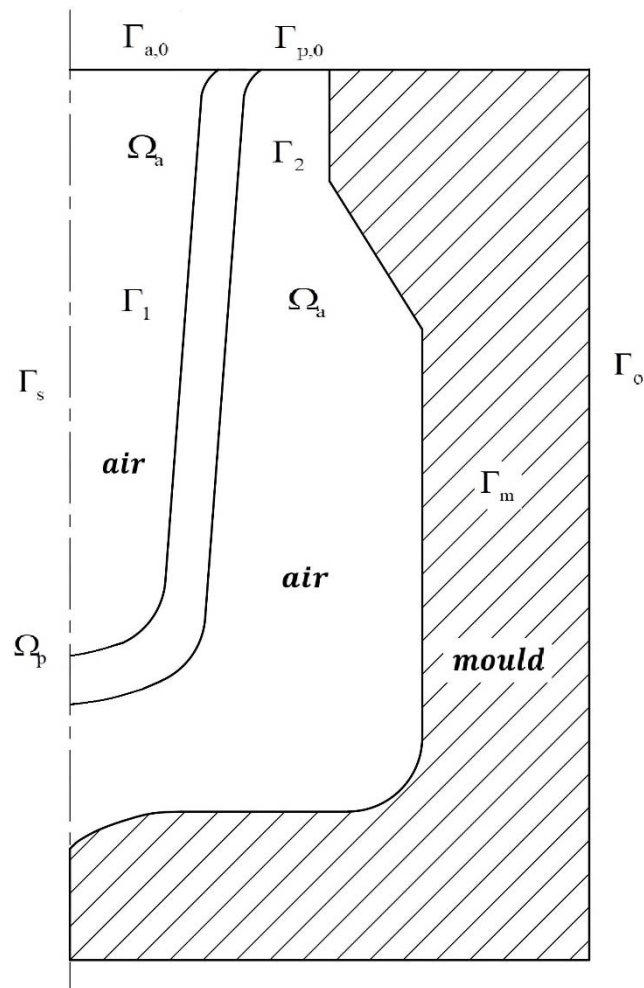


Рисунок 14 – Осесиметрична область та підобласті формувальної машини

Границі області:

- : внутрішня границя форми
- : зовнішня границя
- : границя розплав-повітря
- : внутрішня поверхня розплаву
- : зовнішня поверхня розплаву
- : вісь симетрії

Границі областей  $\Omega_a$  (повітря) та  $\Omega_m$  (матеріал) визначаються так:

$$\partial D_a := \overline{D_a} \cap \partial D \quad (1)$$

та

$$\partial D_1 := \overline{D_1} \cap \partial D \quad (2)$$

Остаточно, границі для розплаву та області повітря розрізняють:

$$\Gamma_{a,o} = \partial\Omega_a \cap \Gamma_o \quad (3)$$

$$\Gamma_{1,o} = \partial\Omega_1 \cap \Gamma_o \quad (4)$$

Для спрощеного моделювання теплопередачі можна припустити, що обладнання має постійну температуру, так що математична модель може бути обмежена формуючим матеріалом та повітрям.

### 3.2 Математична модель процесу

Сформулюємо основні рівняння процесу. Математична модель заснована на законах збереження маси, імпульсу та енергії як для матеріалу, що формується, так і для повітря:

$$\frac{D\rho}{Dt} + \rho \nabla \cdot \mathbf{u} = 0, \quad \text{in } \Omega \setminus \Gamma_f \times T, \quad (5)$$

$$\rho \frac{D\mathbf{u}}{Dt} = \nabla \cdot \boldsymbol{\tau} + \rho \mathbf{g}, \quad \text{in } \Omega \setminus \Gamma_f \times T, \quad (6)$$

$$\rho \frac{De}{Dt} = \boldsymbol{\tau} : \nabla \otimes \mathbf{u} - \nabla \cdot \mathbf{q} + \Phi, \quad \text{in } \Omega \setminus \Gamma_f \times T, \quad (7)$$

де  $T$  – проміжок часу (тривалість) процесу формування;

$\mathbf{u}$  – швидкість потоку,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$\rho$  – густина,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ;

$e$  – внутрішня енергія,  $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$ .

Область, яка обчислюється, обмежується тільки областю «рідини»  $\Omega$ ,

тобто теплопередача в машині не береться до уваги в моделі. Розв'язком системи диференціальних рівнянь є  $\{\mathbf{u}, \rho, e\}$ . Оскільки видув здійснюється швидко (до 1 с), а процес охолодження ми не розглядаємо, то рівнянням енергії можна знехтувати.

Тензор напруження  $\boldsymbol{\tau}$  [Па] та тепловий потік  $\mathbf{q}$  [Вт·с<sup>-1</sup>] впливають з

матеріальних рівнянь формувального матеріалу і повітря, і залежать від розв'язку, де гравітаційне прискорення  $\mathbf{g}$  [м·с<sup>-2</sup>] – постійне, а густина джерела теплоти  $\Phi$  [м·с<sup>-2</sup>] – може залежати від теплоти реакцій. Крім того, слід зазначити, що границя розділу розплав-повітря визначається із звичайного диференціального рівняння:

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{u} \quad \text{in } T, \quad (8)$$

для всіх  $\mathbf{x}(t)$  для будь-якої рухомої границі.

У рівнянні стану (Нав'є-Стокса) для в'язких рідин тензор напруження визначається як:

$$\boldsymbol{\tau} = 2\mu\dot{\boldsymbol{\epsilon}} - p\mathbf{I}, \quad (9)$$

де  $\mu$  – в'язкість, Па·с;

$p$  – зовнішній тиск, Па;

$\mathbf{I}$  – одиничний тензор другого рангу;

де тензор швидкості деформації визначається через похідні від вектора швидкості потоку:

$$\dot{\boldsymbol{\varepsilon}} = \frac{1}{2}(\nabla \mathbf{u} + \mathbf{u} \nabla) \quad (10)$$

Для завершення формулювання задача необхідно записати відповідні початкові та граничні умови. Початкові умови включають розподіл компонент швидкості та тиску в початковий момент часу в розрахунковій області  $\Sigma$ .

Граничні умови для потоку можна визначити наступним чином:

- на задаються умови симетрії;
- на  $i$  - нормальне напруження повинно бути рівне зовнішньому тиску.

Зазвичай використовується гранична умова для опису потоку рідини на непроникній стінці, яка називається умовою ковзання Нав'є:

$$(\boldsymbol{\tau} \cdot \mathbf{n} + \beta \mathbf{u}) \cdot \mathbf{t} = 0, \quad (11)$$

де  $\beta$  [ $\text{Н} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{с}$ ] – це коефіцієнт тертя;

$\mathbf{n}$  – одиничний нормальний вектор;

$\mathbf{u}$  – вектор швидкості потоку.

Одиничний тангенціальний вектор  $\mathbf{t}$  має позитивний напрямок уздовж контуру навколо області розплаву. Порядок величини коефіцієнта тертя залежить від багатьох параметрів, таких як тип полімеру, що формується, температури, тиску або від наявності мастила.

Отже, граничні умови для задання потоку на границях розрахункової області можна сформулювати таким чином:

$$\begin{aligned} \mathbf{u} \cdot \mathbf{n} &= 0, & (\boldsymbol{\tau} \cdot \mathbf{n}) \cdot \mathbf{t} &= 0, & \text{on } \Gamma \times T, \\ (\boldsymbol{\tau} \cdot \mathbf{n}) \cdot \mathbf{n} &= p_0, & (\boldsymbol{\tau} \cdot \mathbf{n}) \cdot \mathbf{t} &= 0, & \text{on } \Gamma_o \times T, \\ \mathbf{u} \cdot \mathbf{e}_r &= 0. \end{aligned} \quad (12)$$

де  $\mathbf{e}_r$  – базисний вектор в радіальному напрямку та:

$$p_0 = \begin{cases} p_{in} & \text{on } \Gamma_{a,o} \times T, \\ 0 & \text{on } \Gamma_{l,o} \times T. \end{cases} \quad (13)$$

де  $p_{in}$  - це надлишковий тиск повітря, що вдувається в форму. У випадку спрощеного моделювання можна вважати застосувати наступну граничну умову:

$$\mathbf{u} \cdot \mathbf{n} = 0, \quad (\boldsymbol{\tau} \cdot \mathbf{n}) \cdot \mathbf{t} = 0, \quad \text{on } \Gamma_{l,o} \times T. \quad (14)$$

Ця гранична умова дає змогу уникнути відтоку полімеру через вхід форми під час видування. Однак, це включає в себе визначення окремих умов, які змінюються в часі. Це не завжди зручно, особливо якщо фіксована сітка використовується для дискретної області рідини. Замість можна запропонувати границю між розплавом та формою, таким чином наклавши умову без тертя:

$$\mathbf{u} = 0, \quad \text{on } \Gamma_{l,o} \times T. \quad (15)$$

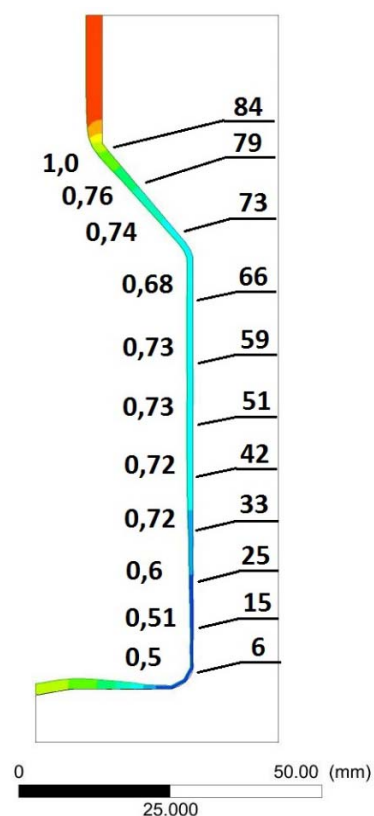
## 4 ДОСЛІДНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### 4.1 Натурний експеримент

Для проведення натурального експерименту обрано стандартний флакон для рідкої та сипкої продукції фармацевтичної галузі [29], який зображений на рисунку 15, а. Вирізано сегмент флакона, на якому гострим ножем зроблено відмітки на різній висоті. За допомогою таких пристроїв, як штангенциркуль та лінійка, проведено виміри геометричних параметрів флакона. Так, на рисунку 15, б показано виміри товщини стінки відносно висоти виробу.



б) фото флакона



б) схема вимірювання товщини

Рисунок 15 – Зображення експериментального флакона

Далі на основі отриманих результатів розраховуємо похибки фізичних величин [30, 31], які досліджуються в даній роботі – товщина та висота порожнистого виробу, за методикою, яка вказана далі.

#### 4.2 Методика розрахунку похибок вимірювання фізичних величин

Визначення похибки середнього результату вимірювань товщини та висоти сформованої тари, здійснюємо за методикою [32]. Так, похибку середнього результату прямих вимірювань фізичних величин виконуємо в такій послідовності.

Дослідно-інструментальну помилку середнього результату вимірювань фізичної величини  $\bar{x}$  визначають за залежністю:

(16)

де  $\sigma_v$ ,  $\sigma_{пр}$ ,  $\sigma_{окр}$  – похибки вимірювання, приладу та округлення, відповідно:

(17)

(18)

(19)

де  $\Delta_{дпп}$  – довідникова похибка приладу;

$\gamma_0$  – клас точності приладу;

$D_{вим}$  – діапазон вимірювання приладу;

$C$  – ціна поділки шкали (ступінь дискретизації цифрового відліку) приладу.

Випадкова помилка середнього результату становить:



$$\sigma(\bar{x}) = \xi \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (20)$$

де  $x_i$  –  $i$ -й результат вимірювання;

$\xi$  – коефіцієнт Стюдента, який залежить від довірчої імовірності  $P_d$  і кількості вимірювань  $n$ .

Повна похибка приладу фізичної величини обчислюється за формулою:

$$\sigma_{\text{повна}} = \sqrt{\sigma_{\text{приладу}}^2 + \sigma_{\text{вимірювань}}^2} \quad (21)$$

а значення фізичної величини для довірчої імовірності 0,68 становитиме:

$$x = \bar{x} \pm \sigma(\bar{x}) \quad (22)$$

Похибку середнього результату непрямих вимірювань фізичних величин виконуємо в такій послідовності.

Дослідно-інструментальну помилку середнього результату вимірювань фізичної величини  $\bar{x}$  визначають за формулою:

$$\sigma(\bar{x}) = \sqrt{\sigma_{\text{приладу}}^2 + \sigma_{\text{вимірювань}}^2} \quad (23)$$

де  $x = F(x_1, x_2, \dots, x_k)$  – залежність шуканої величини  $x$  від величин  $x_i$  ( $i = 1, n$ ), що безпосередньо вимірюють.

Випадкова помилка середнього результату в цьому разі становить:

$$\sigma(\bar{x}) = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x_1}\right)^2 \sigma^2(x_1) + \left(\frac{\partial F}{\partial x_2}\right)^2 \sigma^2(x_2) + \dots + \left(\frac{\partial F}{\partial x_k}\right)^2 \sigma^2(x_k)} \quad (24)$$

Остаточну повну похибку непрямого вимірювання фізичної величини з урахуванням (4.6) і (4.7) визначають за залежністю (4.4), а значення фізичної величини для довірчої імовірності 0,68 – за залежністю (4.5).

#### 4.2.1 Розрахунок похибки вимірювання товщини стінки виробу

Для розрахунку похибки вимірювання товщини стінки виробу використовуємо штангенциркуль [33], діапазон вимірювань якого становить 150 мм, точність до 0,01 мм, а похибка = 0,02 мм (Рис. 16).



Рисунок 16 – Зображення штангенциркуля

Далі за вказаною методикою виконуємо розрахунки. Похибка вимірювання згідно з (17) дорівнює:

,

де довідникова похибка штангенциркуля становить:

Похибка приладу згідно з (18) дорівнює [34]:

де  $\gamma_0 = 2$  – клас точності штангенциркуля;

– діапазон вимірювання товщини виробу.

Похибка округлення згідно з (19) становить:

Отже, остаточно значення дослідно-інструментальної помилки визначаємо згідно з (16):

Тепер визначимо величину випадкової помилки середнього результату вимірювання товщини стінки сформованої тари. Для визначення випадкової похибки обрано циліндричну частину флакона на висоті 50 мм та проведено п'ять замірів товщини, які занесено до табл. 1.

Таблиця 1 – Результати вимірювання товщини флакона

№	d нижнього кута донця, мм	d циліндричної частини флакона, мм	Товщина, мм
1	4,5	44	0,72
2	4,5	44	0,65
3	4,5	44	0,68
4	4,5	44	0,70
5	4,5	44	0,72

Середнє арифметичне значення товщини стінки полімерного виробу становить:

$$\bar{\delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i = \frac{1}{5} (0,72 + 0,65 + 0,68 + 0,7 + 0,72) = 0,69 \text{ мм.} \quad (25)$$

Тоді випадкова помилка середнього результату становить (26):

$$\theta(\delta) = \xi \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\delta - \delta_i)^2} = 1,2 \sqrt{\frac{1}{5(5-1)} 2(0,69 - 0,72)^2 + (0,69 - 0,65)^2 + (0,69 - 0,68)^2}$$

де  $\xi=1,2$  – значення коефіцієнта Стюдента для  $P_d = 0,68$  і  $n = 5$ .

Повна похибка товщини флакона згідно до формули (21):

Отже, значення товщини стінки флакона відповідно до (22) становить:

$$\delta = \bar{\delta} \pm \sigma(\delta) = \bar{\delta} \pm 0,019 \text{ мм.}$$

Відношення повної похибки товщини до діапазону вимірювання товщини:

(27)

#### 4.2.2 Розрахунок похибки вимірювання висоти полімерного виробу

Для вимірювання висоти виробу було використано лінійку, яка має діапазон вимірювання 50 см та похибку – 0,05 мм. Для знаходження похибки скористаємось аналогічним алгоритмом .

Похибка вимірювання згідно з (17) дорівнює:

де довідникова похибка вимірювання становить:

Похибка приладу згідно з (18) дорівнює:

де  $\gamma_0 = 2$  – клас точності лінійки;

– діапазон вимірювання висоти.

Похибка округлення згідно з (19) становить:

Значення дослідно-інструментальної помилки визначаємо згідно з (16):

Тепер визначимо величину випадкової помилки середнього результату вимірювання висоти полімерної тари. Для визначення випадкової похибки виконуємо п'ять замірів висоти флакона, які занесено до табл. 2.

Середнє арифметичне значення товщини стінки полімерного виробу становить:

$$\bar{\delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i = \frac{1}{5} (40 + 50 + 50 + 49 + 52) = 49,0 \text{ мм.} \quad (28)$$

Таблиця 2 – Результати вимірювання висоти флакона

№	d нижнього кута донця, мм	d циліндричної частини флакона, мм	Висота, мм
1	4,5	44	48
2	4,5	44	50
3	4,5	44	50
4	4,5	44	49
5	4,5	44	52

Тоді випадкова помилка середнього результату становить (29):

$$\begin{aligned} \theta(\bar{\delta}) &= \xi \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\bar{\delta} - \delta_i)^2} = \\ &= 1,2 \sqrt{\frac{1}{5(5-1)} [((49,8 - 48))^2 + 2 \cdot (49,8 - 50)^2 + (49,8 - 49)^2 + (49,8 - 52)^2]} = \\ &= 0,796 \text{ мм} \end{aligned}$$

де  $\xi=1,2$  – значення коефіцієнта Стюдента для  $P_d = 0,68$  і  $n = 5$ .

Повна похибка висоти флакона згідно формули (21):

Значення висоти флакона відповідно до (22) становить:

$$\delta = \bar{\delta} \pm \sigma(\bar{\delta}) = \bar{\delta} \pm 0,877 \text{ мм.}$$

Відношення повної похибки висоти до діапазону вимірювання висоти:

(30)

Розраховуємо середнє сумарне значення похибки товщини та висоти:

$$\sigma(\bar{\delta}) = \sqrt{\sigma(\bar{\delta})_1^2 + \sigma(\bar{\delta})_2^2} = \sqrt{0,019^2 + 0,877^2} = 0,8772 \text{ мм} \quad (31)$$

Кінцевим кроком розрахунку похибок є знайдення сумарної похибки в відсотках:

$$X(\text{сумарне}) = \sqrt{X_1^2 + X_2^2} = \sqrt{2,6^2 + 1,59^2} = 3,05\% \quad (32)$$

### 4.3 Числовий експеримент

В даній роботі моделюється типова ситуацію формування видувом для простої 2-D осесиметричної пляшки. Припускаємо, що процес одностадійний – формування заготовки з негайним її видуванням. Задається внутрішній тиск – заготовка видувається, доки не буде отримано контакт між полімером і формою. На рисунку 17 показано видувну форму із заготовкою перед початком процесу [23].

З геометричної точки зору, вихідна заготовка являє собою циліндричний рукав зовнішнім радіусом 10 мм. Висота циліндричної частини форми 70 мм. Загальна висота флакона 150 мм. В контексті 2-D моделювання для видувного формування розрахунок виконується по всій товщині, що спричиняє локальний зсув.

Сітка кінцевих елементів та поверхні наведені на рисунку 18. Як бачимо, 2-D кінцеві елементи визначені як для прес-форми, так і для заготовки. Для прес-форми потреба в 2-D кінцевих елементах може бути зрозуміла за геометричних причин; найбільш важливим компонентом залишається правильний опис внутрішньої поверхні прес-форми, яка власне і буде формувати пляшку.

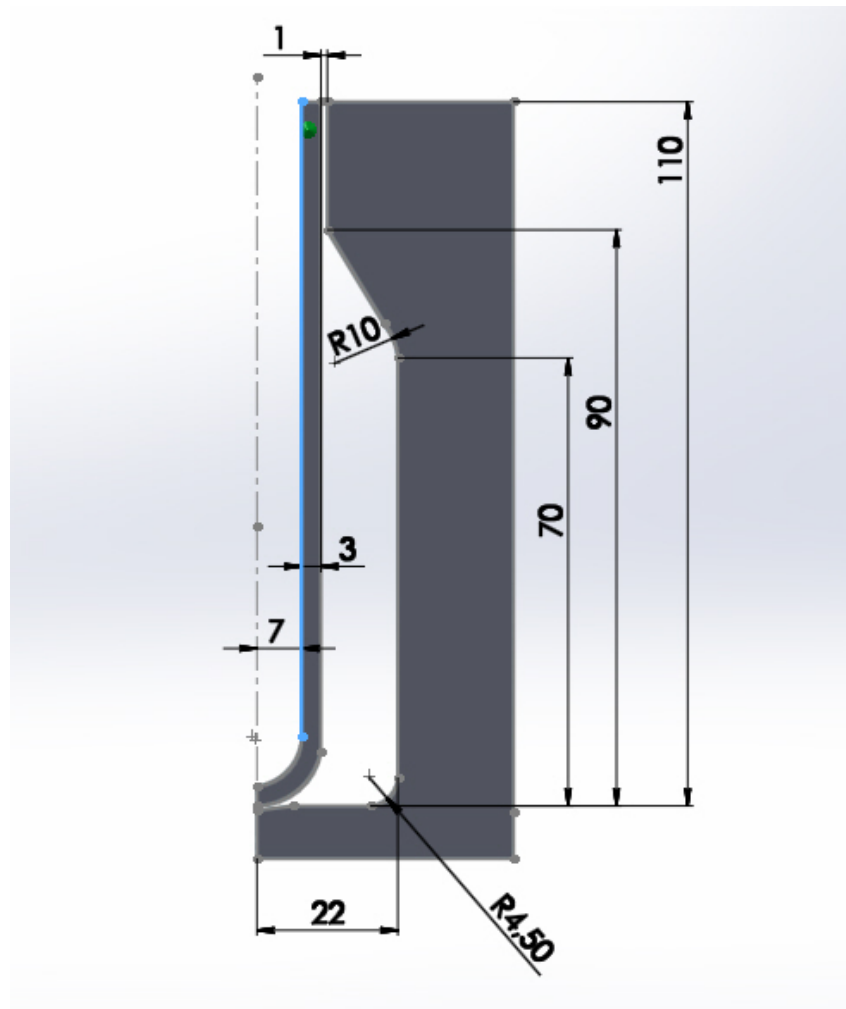


Рисунок 17 – Видувна форма: початкова конфігурація

Як видно з рисунку 18, сітка включає в себе дві підобласті (область заготовки та область форми) та шість граничних сторін (*Verh*, *Vnutr*, *Zovn*, *Contact*, *Os* та *Nocontact*). З точки зору граничних умов, умови симетрії накладаються уздовж границі сторони *Os*, а тангенціальні сили накладаються вздовж границі сторони *Contact*. Крім того, сторона *Vnutr* визначається як вільна поверхня з контактом, а сторона *Nocontact* визначається як сторона неконтактуюча.



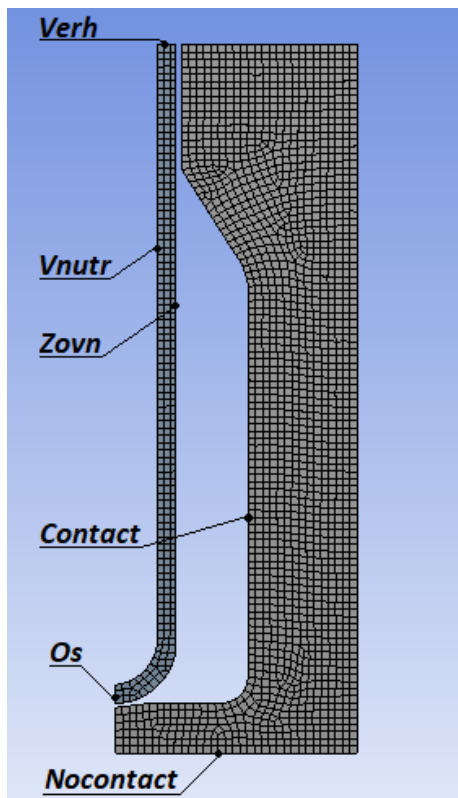


Рисунок 18 – Зображення сітки кінцевих елементів та поверхонь

Методика числового експерименту створена у відповідності до рекомендацій розробника пакету Ansys Polyflow [34].

У числовому моделюванні для видувного формування, а також для пов'язаних застосувань, сітка кінцевих елементів для області «рідини» може зазнавати великих деформацій. Основним типом деформації є розширення. В додаток до цього, також можлива помірна величина кутової деформації. Для цього потрібно застосувати спеціальний алгоритм заміни, який дозволяє зберігати елементи з прийнятною формою.

Наступним етапом є відстеження матеріальних точок. Через складну деформацію заготовки, яка перебуває під впливом рідкого матеріалу або тиску за рахунок видуву та контакту, може призвести до неоднорідного розподілу товщини. З інженерної точки зору, необхідно було б виконати деякі коригувальні дії, наприклад, шляхом зміни початкової форми заготовки або початкових параметрів (умов) вплинути на протікання процесу видуву. Для цього важливо правильно визначити області, де потрібні виправлення. Повна модель Лагранжа легко вирішує цю проблему, так як кожен вузол сітки є матеріальною точкою.

**Властивості матеріалу.** Для заготовки визначається одна підзадача. Відповідна модель являє собою узагальнений ньютонівський ізотермічний потік.

Для одного шару матеріалу необхідні такі умови:

- в'язкість:  $\eta = 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot \text{с}$ ;
- густина:  $\rho = 820 \text{ кг/м}^3$ ;
- сила тяжіння:  $g_z = -9,81 \text{ м/с}^2$ ;
- інерцію враховано.

#### **Граничні умови**

- ***Os*** – поверхня, яка збігається з центральною лінією симетрії; вибираються відповідні граничні умови вздовж осі;
- ***Vnutr*** – це внутрішня поверхня заготовки, на яку безпосередньо діє тиск видування  $P$  ( $P = 6 \cdot 10^5 \text{ Па}$ );
- ***Zovn*** – це поверхня, яка буде контактувати з фіксованою формою;
- ***Verh*** – верхня межа заготовки, дозволяє рух в радіальному напрямку (горизонтально);
- ***Contact*** – гранична поверхня форми, яка контактує з заготовкою;
- ***Nocontact*** – поверхня форми, яка не контактує з заготовкою, отже, не використовується.

**Умови роботи.** Єдиним робочим параметром є тиск видуву  $P$ , який дорівнює  $6 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Цей тиск видування називається нормальною силою. У наведеному прикладі тиск видування не залежить від часу, є сталим.

#### **Рівень рідини та інерційні умови**

Хоча число Рейнольдса, що характеризує потік, може вказувати на те, що інерція відіграє незначну роль, але в [23] рекомендується при моделюванні враховувати умови інерції. Дійсно, при контакті відбувається важлива зміна поля швидкості, і спостерігається, що стабільність схеми часу поліпшується з інерцією, оскільки вона вводить залежний від часу термін у рівняння імпульсу. Тим не менше, її не варто штучно збільшувати.

### Контактна гранична умова

Бачимо, що поверхня **Zovn** є вільною поверхнею, яка передбачає контакт з фіксованою прес-формою. В усіх формах видувного формування та пов'язаних з ними програмах, визначення контакту є важливим етапом, так як в кінцевому рахунку це призведе до отримання бажаної форми. Контакт включає "що" і "як". «Що» відноситься до геометрії: визначається за допомогою підобласті і кордонів, уздовж яких відбувається контакт. «Як» - застосовується до можливих інших параметрів процесу, таких як швидкість прес-форми. У цьому випадку необхідно вказати швидкість (можливо, залежну від часу). Також у деяких випадках матеріал може ковзати уздовж контактної стінки; це можна врахувати.

Поряд із цими операційними атрибутами необхідно вказати деякі числові параметри. Геометричний алгоритм застосовується для виявлення виникнення контакту, тоді як для обробки контакту використовується корекційне формулювання.

Коефіцієнт корекції гарантує досягнення геометричного зв'язку. Він не повинен бути занадто низьким. Коефіцієнт корекції також повинен бути вказаний в дотичному напрямку (в напрямку по дотичній). Якщо рідина стікає вздовж стіни, цей коефіцієнт зазвичай повинен мати таке ж значення, як коефіцієнт корекції. Необхідні ще два додаткові коефіцієнти: допуск на проникнення та розширення елемента. Допуск на проникнення гарантує, що рідина не дуже сильно проникає у форму протягом часу. Розширення елемента гарантує, що зв'язок проявляється в ситуаціях, коли рідка частинка рухається вздовж межі форми, наприклад вздовж центральної осі симетрії.

В даний час коефіцієнт корекції встановлено до  $10^9$ , і для коефіцієнта, що вирівнюється вздовж дотичного напрямку (без стікання), було обрано таке ж значення. Допуск на проникнення дорівнює **0,01 мм**, як і на розширення елемента.

**Побудова сітки.** Для застосування 2-D видувного формування в інтерфейсі користувача найдоцільніший метод полягає у використанні методу Лагранжа вздовж основної лінії: цей метод називається "Thin Shell Method +

Lagrangian master" в Polydata. Основною лінією була обрана поверхня, яка зазнає найбільшого впливу, тобто поверхня контакту з формою.

**Розрахунок товщини.** Для 2D-осесиметричного моделювання видуву можна обчислити товщину заготовки. Екструдована заготовка має принаймні дві поверхні. У кожній точці області POLYFLOW обчислюється відстань між точкою і внутрішньою поверхнею, точкою і зовнішньою поверхнею. Симетричний розрахунок виконується в певному місці або на висоті вздовж поверхні, або визначається індивідуально. Цей спосіб може бути використаний для обчислення товщини екструдованої заготовки або товщини видувного продукту.

### **Числові параметри**

Мінімальний час на один крок  $\Delta t_{ini} = 0,001$  с;

Максимальний час на один крок  $\Delta t_{max} = 0,05$  с;

Мінімальне значення часу  $\Delta t_{min} = 0,01$  с;

Максимальне значення часу  $t_{max} = 2$  с;

Допуск точності = 0,01 с;

Кількість ітерацій = 200 кроків часу.

1. Створення нового завдання: 2-D осесиметричне завдання, яке залежить від часу.

– Визначення області форми:

Створення нової форми (Форма 1)

Адіабатна форма;

Область форми: обмежена двома поверхнями Contact та Nocontact;

Контактна гранична межа: Contact; неконтактуюча межа: Nocontact.

– Створення підзадачі: проблема узагальненого Ньютонівського ізотермічного потоку:

Створення області заготовки:

Матеріальні дані:

В'язкість  $\eta_{fac} = 2 \cdot 10^5$  Па · с;

Густина  $\rho = 820$  кг/м<sup>3</sup>;

Інерційні умови враховані;

Гравітація:  $g_x = 0$ ,  $g_y = -9,81 \text{ м/с}^2$ ;

Граничні умови потоку:

**Os**: вісь симетрії;

**Zovn**: вільна поверхня, яка контактує з поверхнею форми Contact;

– Контактна стінка: Contact;

Корекційний коефіцієнт:  $10^9$ ;

Допуск на проникнення: 0,001;

Розширення елемента: 0,001;

Коефіцієнт ковзання:  $10^9$ ;

**Verh**: нормальні швидкості та тангенційні сили  $(V_n, F_s) = (0, 0)$ ;

**Vnutr**: вільна поверхня, на яку діє сила, що застосовується по нормалі величиною  $P = -6 \cdot 10^5$ .

## 2. Глобальне застосування сітки:

– 1-й етап Remeshing:

Метод: Thin Shell Method + Lagrangian master;

Основна лінія: **Zovn**;

Граничні умови товщини:

Уздовж **Zovn**: початок поверхні, яка контактує з формою;

Уздовж **Vnutr**: кінець поверхні, яка не контактує з формою.

– Числові параметри:

Налаштування часових ітераційних параметрів:

Початкове значення часу: 0,0;

Верхнє значення часу: 2 с;

Початкове значення часу на один крок: 0,01 с;

Мінімальне значення часу на один крок: 0,001 с;

Максимальне значення часу на один крок: 0,05 с;

Максимальна кількість успішних кроків: 200;

Значення похибки за часом: 0,01 с.

Поле швидкості не передбачено.

### 3. Числовий розрахунок

В результаті розрахунку отримуємо модель порожнистого виробу, в якій можливо виводити на екран, графік та у таблиці даних різні параметри в межах контуру. Приклад розрахункового розподілу часу контакту поверхні виробу з формою зображений на рисунку 19.

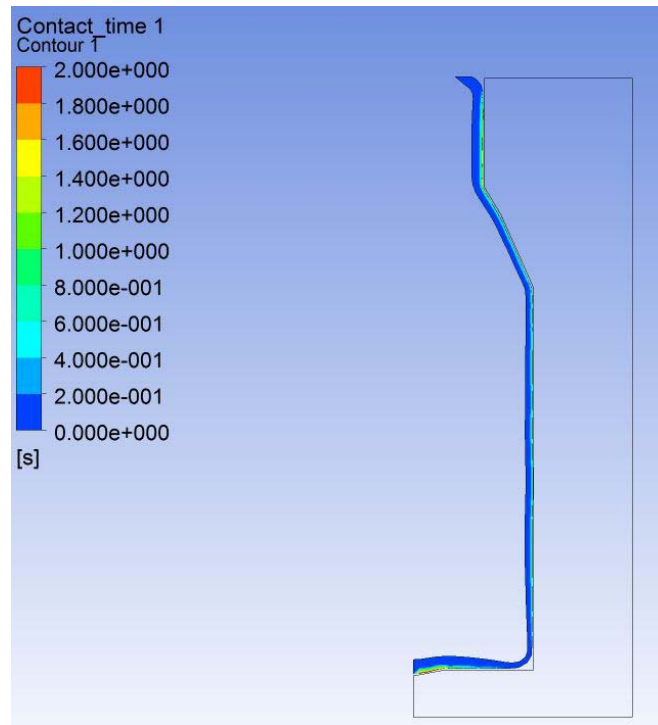


Рисунок 19 – Зображення отриманого виробу за шкалою часу

З рис. 19 бачимо, що час формування складає в межах 2 с, причому найбільший час необхідний для заповнення кута між стінкою та донцем.

## 5 ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИДУВНОГО ФОРМУВАННЯ

### 5.1 Розрахунок товщини заготовки при зміні радіуса

На кресленні ЛУ61м.025165.001-90ВЗ зображена форма для видуву полімерних пляшок. Саме на основі зазначеної форми та з використанням приведеної методики проведено аналіз залежності товщини стінок виробу залежно від радіуса нижнього кута донця та наведено результати досліджень.

При моделюванні процесу видувного формування пляшки з трубчастої заготовки проведено декілька варіацій процесу видувного формування. При видуві було враховано внутрішній тиск  $P=6$  атм, початкова товщина заготовки задавалась рівномірною та складала 3 мм. В результаті виконаних досліджень, встановлено, що пляшка сформована за 1,25 с. Однак, на формування донця в нижньому куті витрачається додатковий час – протягом 2 с донце продовжує формуватися (Рис 20). На рис. 21 зображено товщину стінки в різних характерних точках готового виробу.

Отже, для подальшої роботи з метою економії часу формування нижні кути донця необхідно заокруглити. Це також запобігатиме надмірному потоншенню стінки виробу й можливому розриву в цьому місці [24].

З результатів моделювання (Рис. 20, 21) витікає, що для досягнення мінімально необхідної однорідної товщини виробу необхідно змінювати товщину заготовки: в даному випадку зменшувати її в нижній та середній частинах.

З метою усунення неоднорідності товщини виробу було змінено конструкцію пресформи: донце виконано заокругленим. Для детального порівняння радіус нижнього кута донця також змінювався.

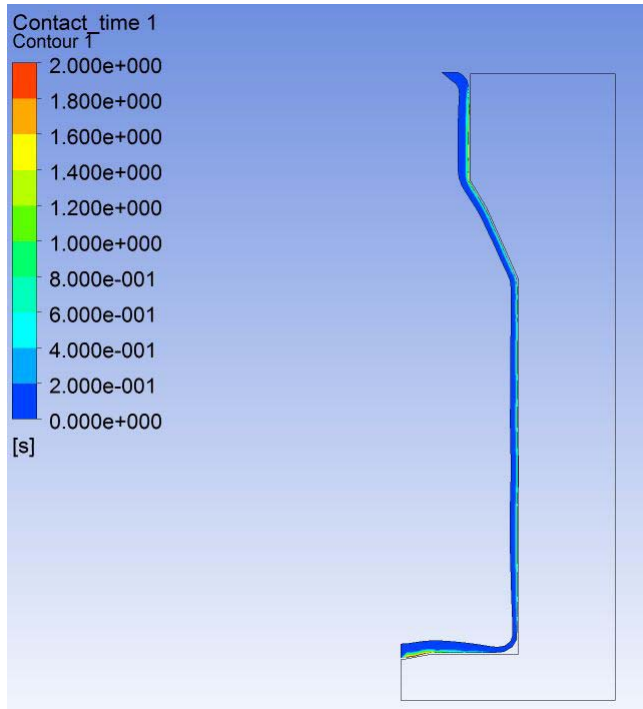


Рисунок 20 - Зображення часу формування виробу

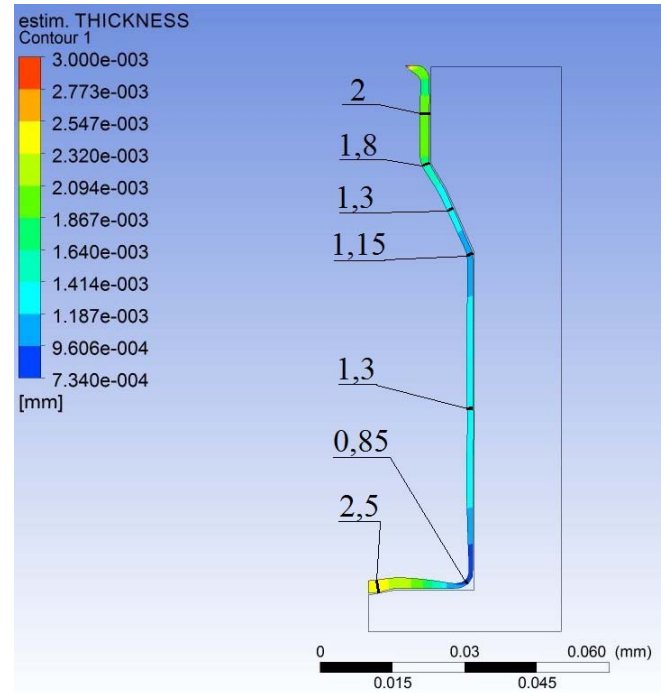
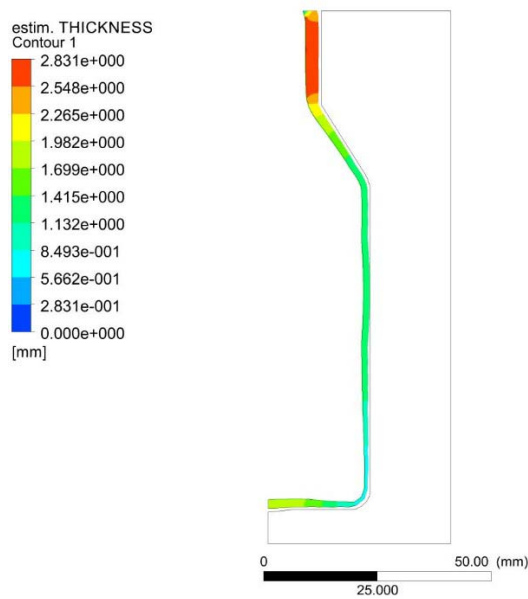
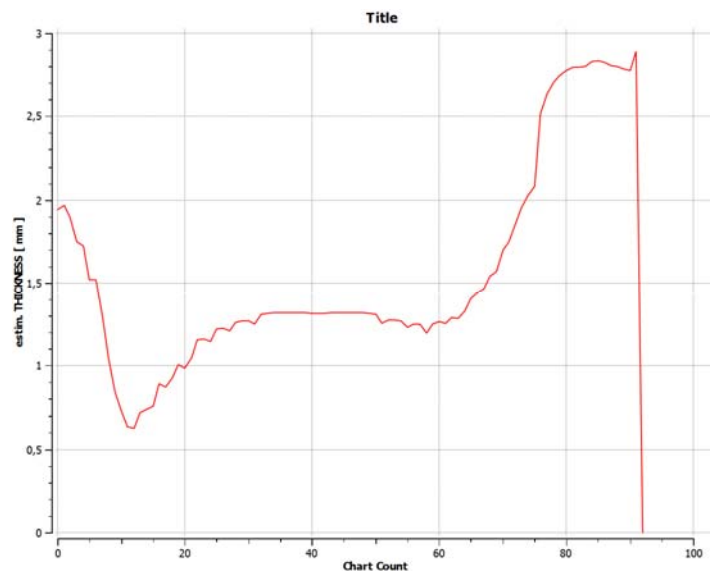


Рисунок 21 - Розподіл товщини стінки виробу без заокругленого донця

На рисунку 22, а зображено розподіл товщини стінки виробу при радіусі 4,5 мм, а на 22, б – наведено відповідний графік залежності товщини стінки виробу по його висоті.



а



б

Рисунок 22 – Розподіл товщини стінки виробу при радіусі нижнього кута донця 4,5 мм



На рисунку 23 наведено результати розрахунків при радіусі 8 мм: розподіл товщини стінки виробу (23, а), графік залежності товщини за висотою (Рис. 23, б).

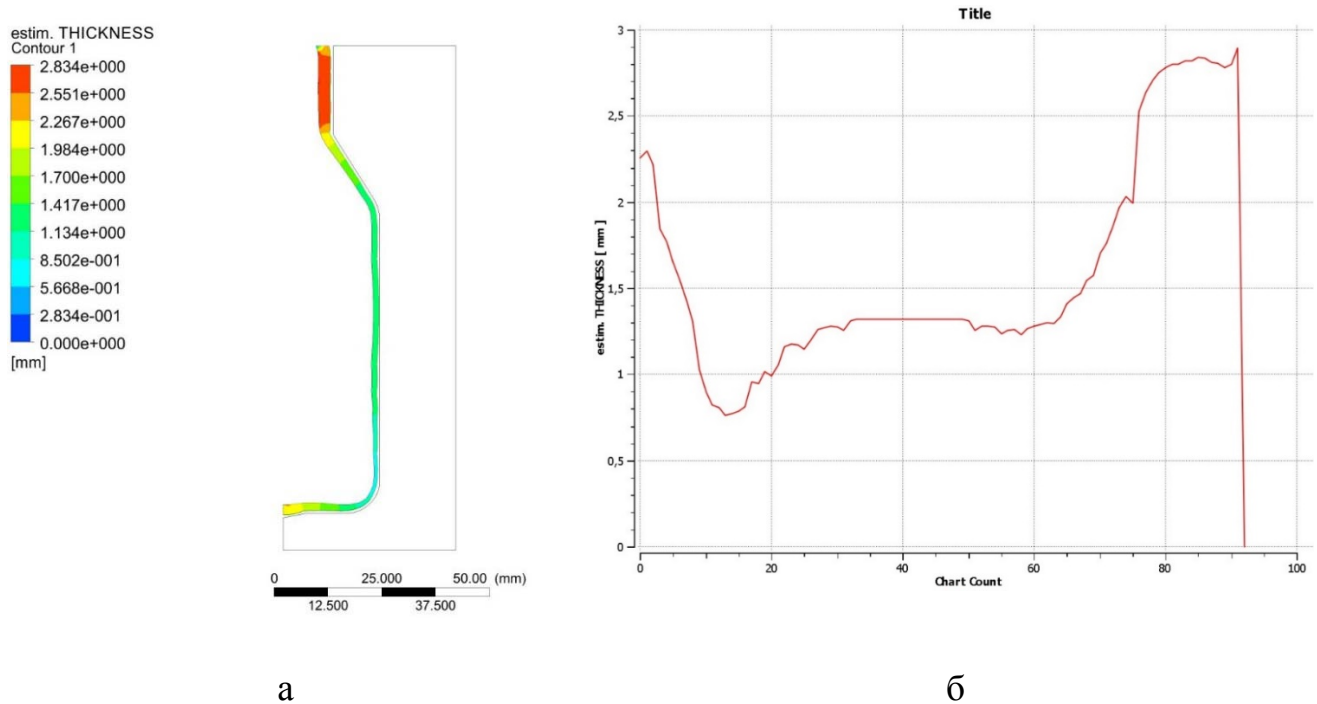
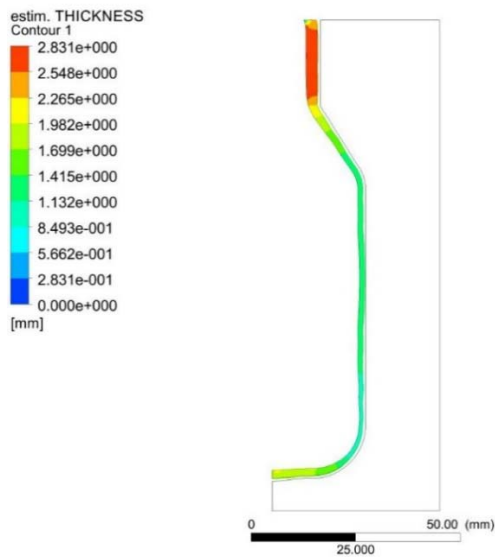
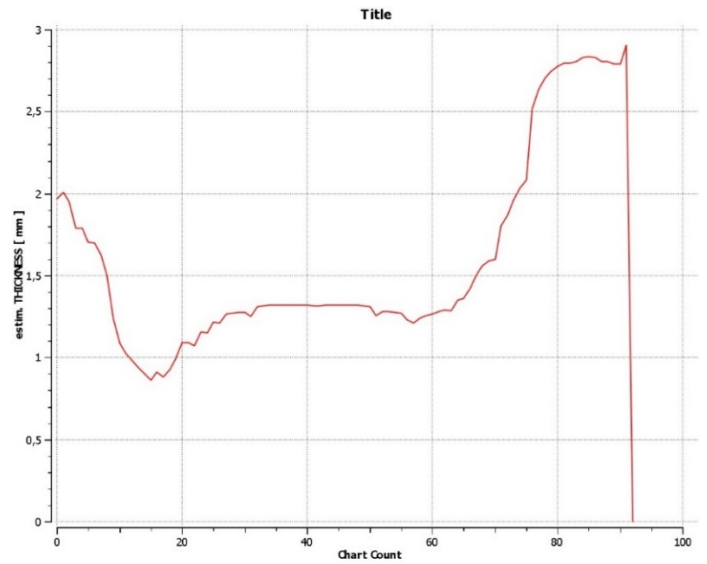


Рисунок 23 – Розподіл товщини стінки виробу при радіусі нижнього кута донця 8 мм

Можна зробити висновок, що розподіл товщини стінки (Рис. 22, 23) покращився, але в нижньому куті донця товщина все ще не є достатньою для забезпечення рівнотовщинності. Тому наступним кроком знову змінюємо радіус нижнього кута донця – збільшуємо його до 11 мм (Рис. 24).



а



б

Рисунок 24 – Розподіл товщини стінки виробу при радіусі нижнього кута донця 11 мм

Отже, при моделюванні процесу видування виробу з різними значеннями нижнього кута донця знайдено залежність товщини по висоті виробу, результатом якої є графік, що зображений на рисунку 25.

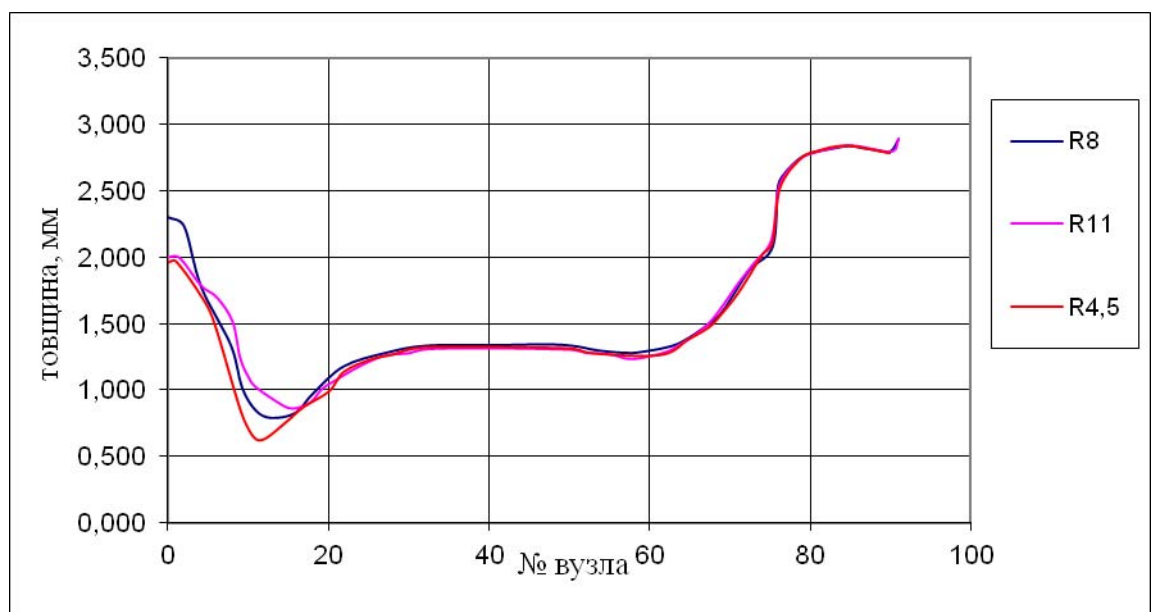


Рисунок 25 – Графік залежності товщини виробу при різних значеннях радіуса донця

Для аналізу отриманих результатів знайдемо графічні залежності основних параметрів процесу видування, так як вони мають вплив на перебіг

процесу. На рисунку 26 зображено залежність товщини готового виробу від радіусу нижнього кута донця. Дані, які використовуються для побудови графічної залежності, занесені до табл. 3.

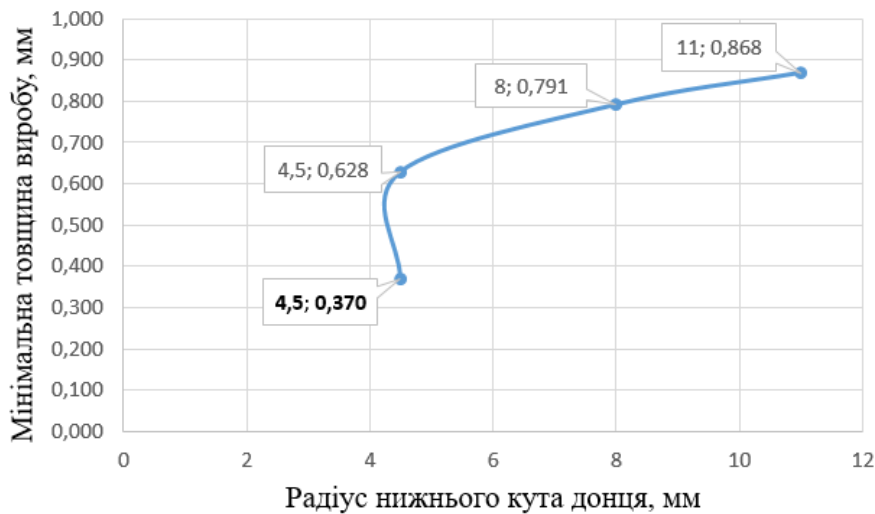


Рисунок 26 - Графік залежності мінімальної товщини виробу від радіусу нижнього кута донця

Таблиця 3 – Результати досліджень мінімальної товщини виробу

Діаметр заготовки, мм	Товщина заготовки, мм	Радіус нижнього кута донця, мм	Мін товщина, мм
20	3	4,5 opt	0,370
20	3	4,5	0,628
20	3	8	0,791
20	3	11	0,868

## 5.2 Розрахунок товщини заготовки з використанням програмного регулювання

Зрозуміло, що при радіусах 4,5 та 8 мм товщина виробу не є оптимальною відносно висоти виробу, а при радіусі 11 мм – виріб стає хитким, що спричинено відносно великим радіусом донця.

Тому скористаємося методикою, що наведена в п. 2.1.1, яка може забезпечити необхідну товщину стінок виробу. Для даного розрахунку використано форму з радіусом нижнього кута днища 4,5 мм.

Для кожного вузла заготовки розрахуємо товщину  $H_i$ :

$$H_i = H_{i-1} + \alpha \cdot \left( \frac{h_c}{h_f} - 1 \right) \cdot H_{i-1}, \quad (33)$$

де  $\alpha \approx 0,9$  – фактор релаксації;

$h_c = 1$  – задана товщина виробу;

$h_f$  – поточна товщина виробу;

$H_{i-1} = 3$  – початкова товщина.

Розрахувавши значення  $H_i$ , отримуємо розподіл товщин виробу, який зображений на рис. 27.

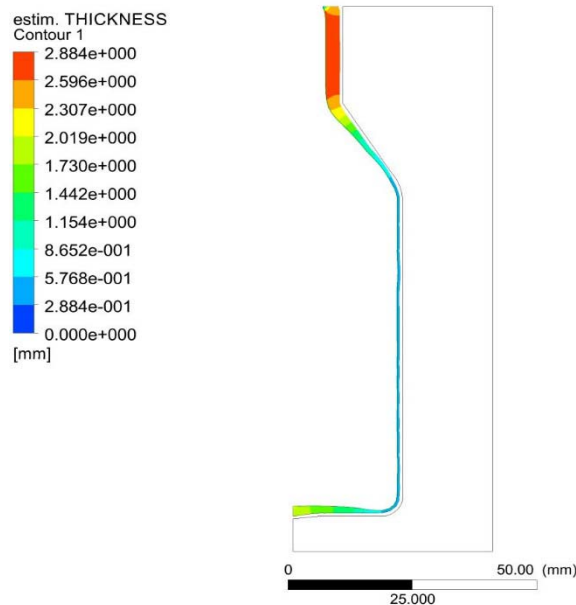


Рисунок 27 – Розподіл товщини стінки виробу

На рисунку 28 зображена порівняльна залежність товщини виробу від радіуса нижнього кута донця.

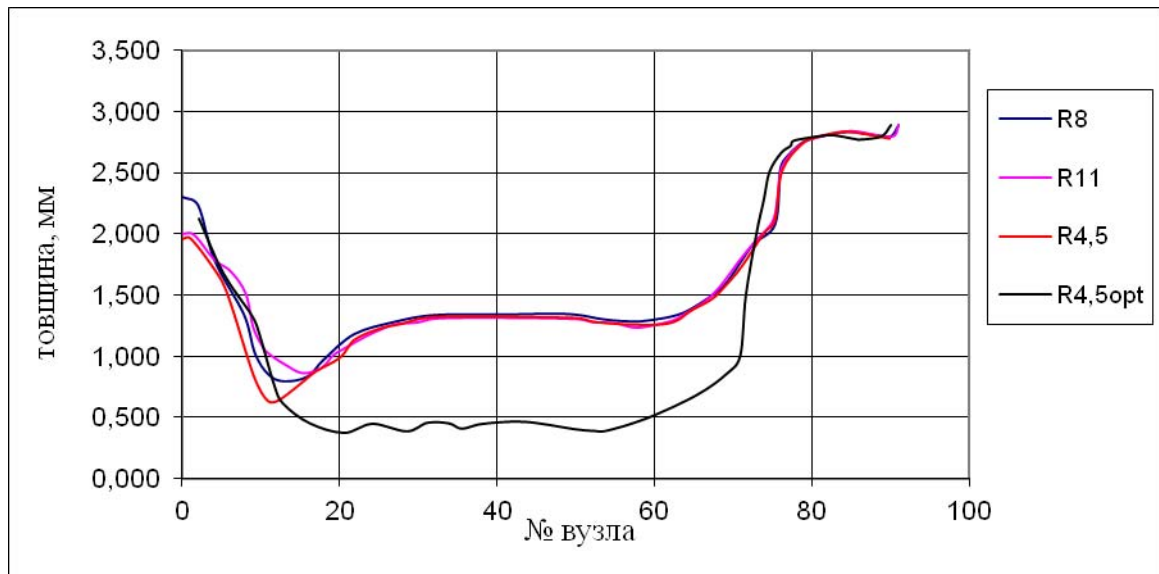


Рисунок 28 – Графік залежності товщини виробу при різних значеннях радіуса донця

Бачимо, що за допомогою даного методу можна досягти однорідності стінок виробу.

Отже, можна зробити висновок, що дана методика є доцільною для виробництва порожнистих виробів методом екструзійно-видувного формування. Надалі можна удосконалити отримані значення в такий же спосіб та впровадити методику програмного розрахунку на підприємствах пакувальної індустрії.

### 5.3 Дослідження однорідності товщини виробу при різному степені видуву

Для більш детального аналізу процесу видувного формування проведено розрахунки відносно різного степеню видування виробів. В даному випадку, ступінь видування залежить від розмірів видувної форми, тому для розрахунків обрано різні радіуси видувної форми.

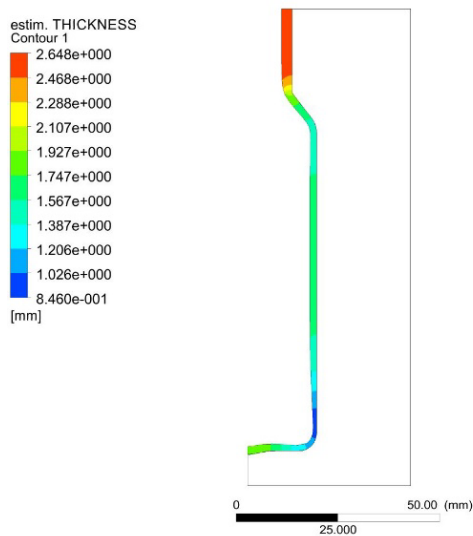
Проведено розрахунки часу видуву в залежності від степеню видуву. Отримані результати занесено до табл. 4.

Таблиця 4 – Результати дослідження часу видуву від степеню видуву

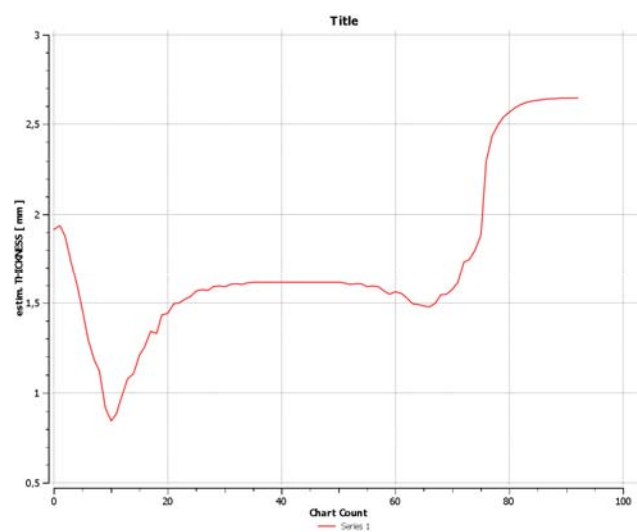
Діаметр заготовки, мм	Товщина заготовки, мм	Радіус нижнього кута донця, мм	Степінь видуву (r форми), мм	Час видуву, с
20	3	4,5	17	1,77
20	3	4,5	20	1,75
20	3	4,5	22	1,6
20	3	4,5	26	1,5
20	3	4,5	30	1,43

Бачимо, що значення часу видуву знижується зі збільшенням об'єму видувної форми. Це пояснюється тим, що товщина стінки знижується, а в'язкість матеріалу зменшується через застосування степеневого закону.

На рисунках 29 – 32 (а – розподіл товщини стінки виробу, б – графік залежності товщини по висоті виробу) зображено проміжні етапи досліджень при радіусах форми 17 мм, 22 мм, 26 мм та 30 мм відповідно.

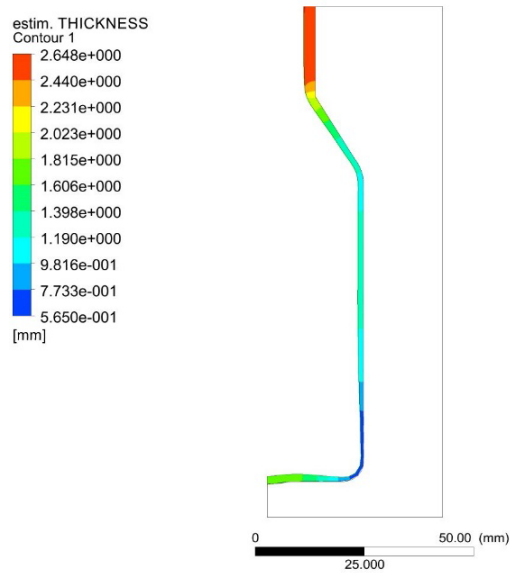


а

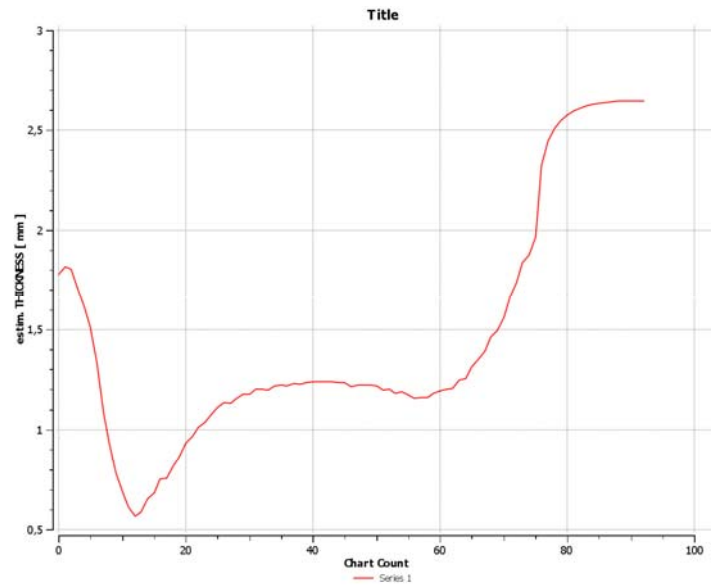


б

Рисунок 29 – Розподіл товщини стінки виробу при радіусі форми 17 мм

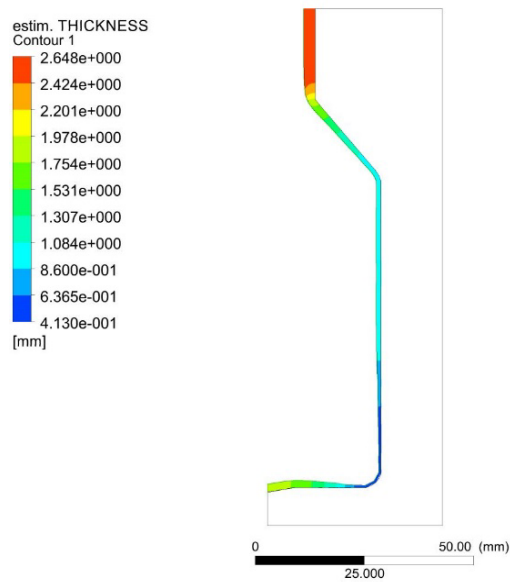


а

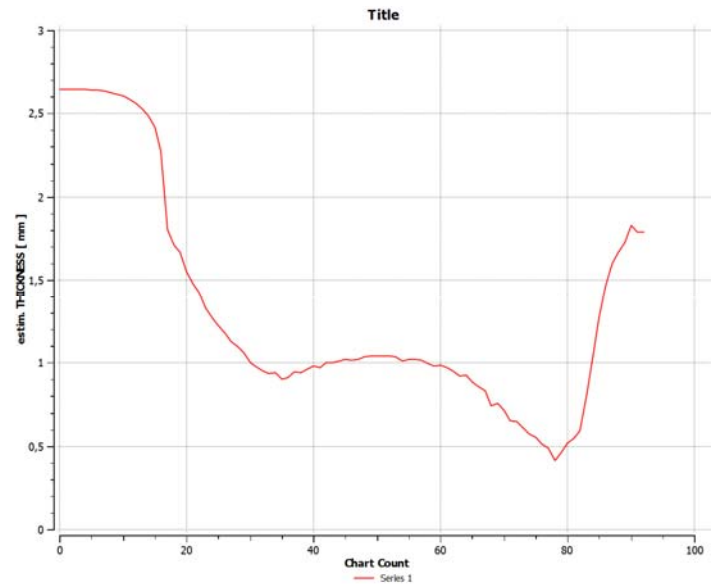


б

Рисунок 30 – Розподіл товщини стінки виробу при радіусі форми 22 мм



а



б

Рисунок 31 – Розподіл товщини стінки виробу при радіусі форми 26 мм

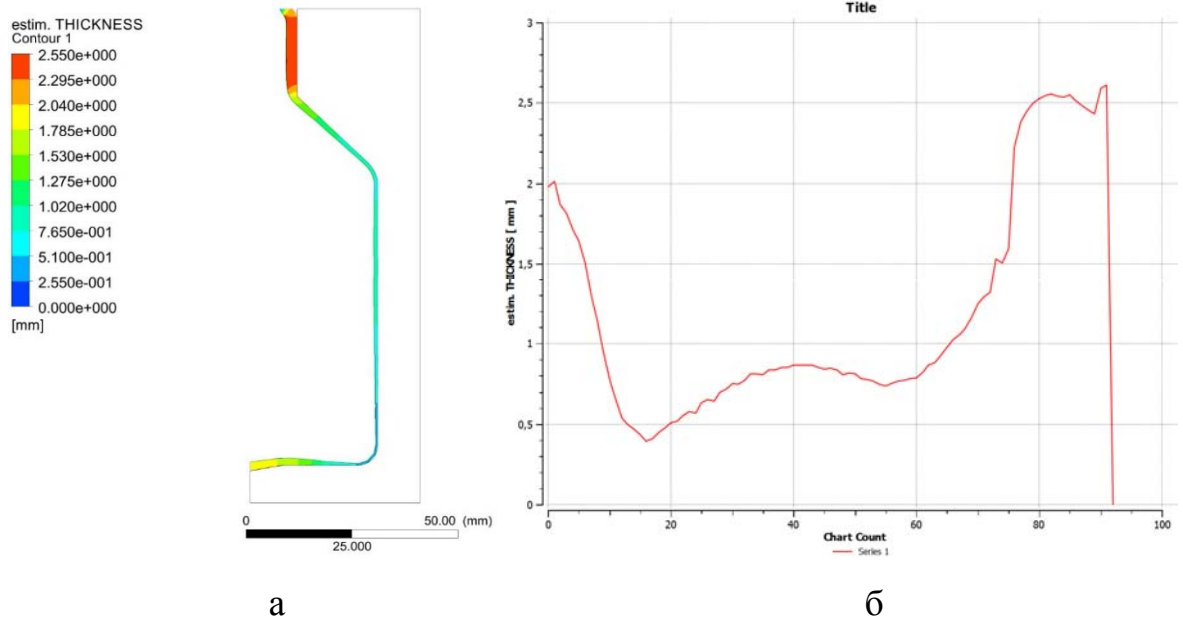


Рисунок 32 – Розподіл товщини стінки виробу при радіусі форми 30 мм

На рисунку 33 зображено у вигляді діаграми залежність часу від степеню видуву. Можемо сказати, значення часу, витраченого на виготовлення одного виробу з меншими розмірами, більше, ніж час, витрачений на виріб більшого розміру за використання тієї ж заготовки.

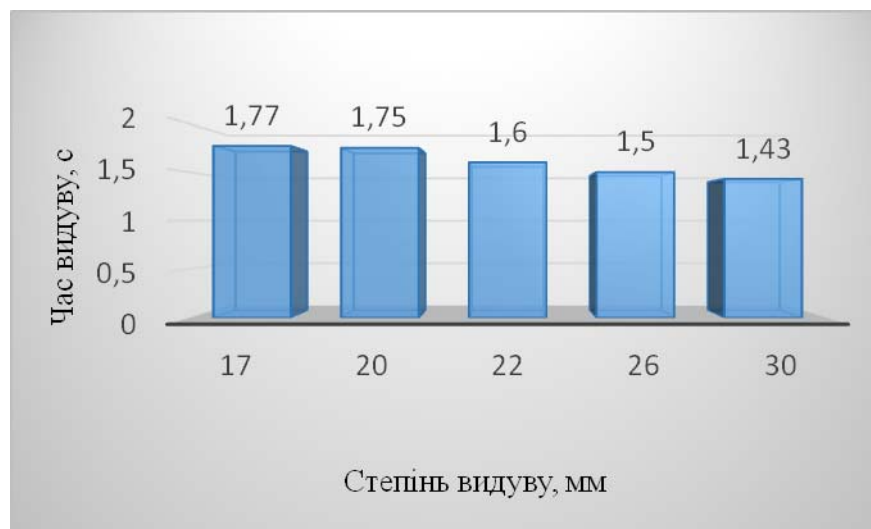


Рисунок 33 – Діаграма залежності часу видуву від степеню видуву

Також проведено досліді щодо часу видуву відносно радіуса нижнього кута донця. Значення основних показників занесено до табл. 5.



Таблиця 5 – Результати розрахунку часу видуву при різних радіусах нижнього кута донця

Діаметр заготовки, мм	Товщина заготовки, мм	Радіус нижнього кута донця, мм	Час видуву, с
20	3	1	2,000
20	3	4,5	1,6
20	3	8	1,4
20	3	11	1,2

На рисунку 34 зображено графічну залежність часу видуву від радіуса нижнього кута донця. Спостерігається зменшення часу для виготовлення одного виробу зі збільшенням радіуса нижнього кута донця.

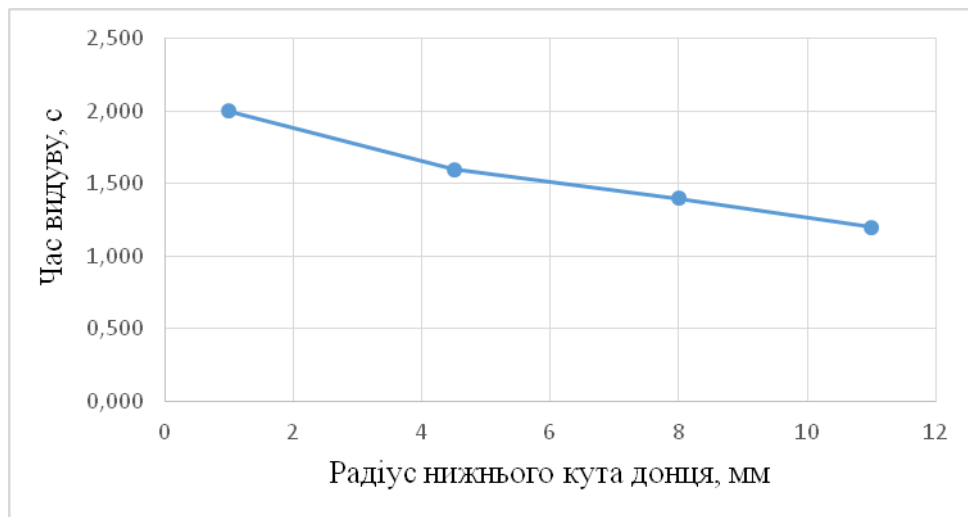


Рисунок 34 – Графік залежності часу видуву при різних радіусах нижнього кута донця

Далі знаходимо залежність потоншення стінки виробу від степеню його видування (Рис. 35), використані дані занесені до табл. 6.

Таблиця 6 – Результати досліджень потоншення стінки виробів

Радіус нижнього кута донця, мм	х	у		
	Степінь видування	Потоншення стінки виробу = товщина заготовки/мін товщина		
	г форми, мм	Товщина заг, мм	Мін товщина, мм	Результат
4,5	17	3	0,846	3,546
4,5	20	3	0,628	4,777
4,5	22	3	0,565	5,310
4,5	26	3	0,413	7,264
4,5	30	3	0,255	11,765

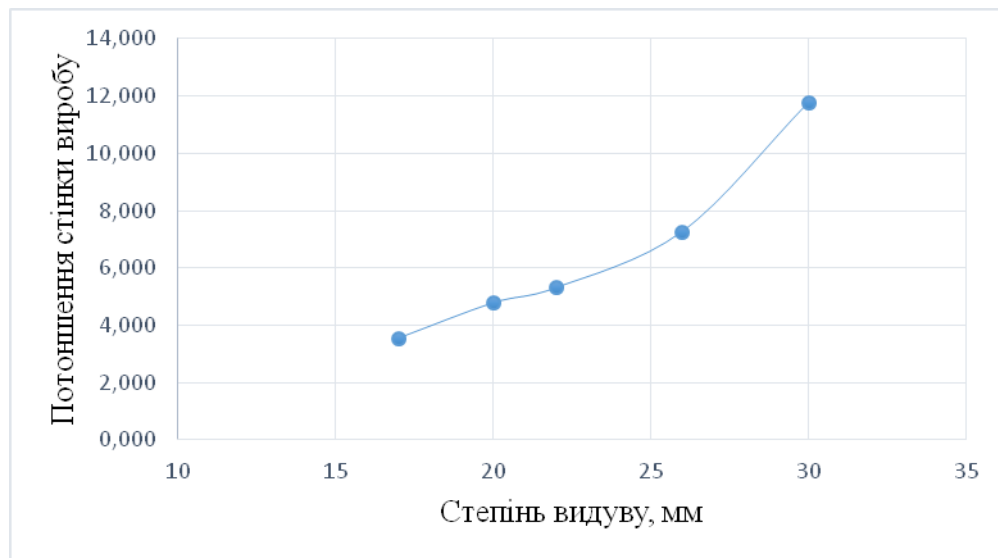
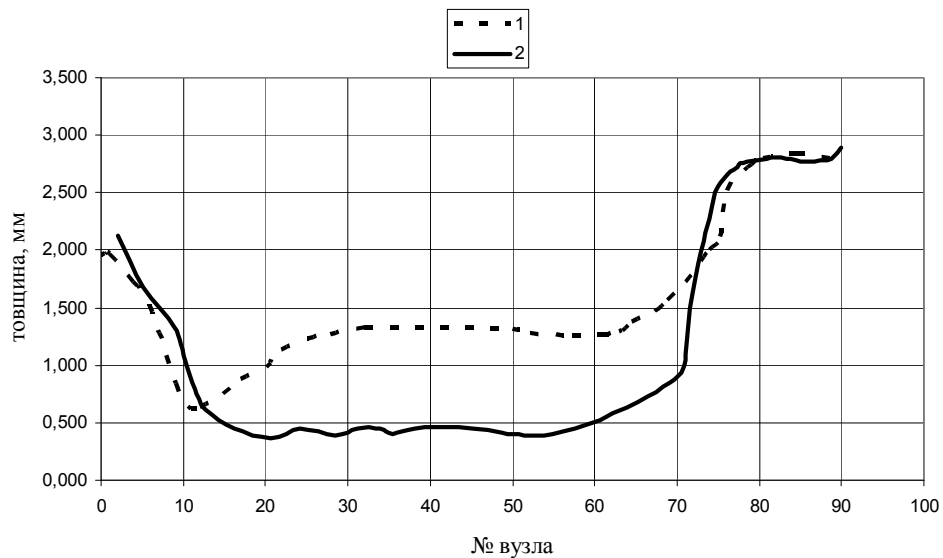


Рисунок 35 - Графік залежності потоншення стінки виробу від степеню видуву

Отже, для підсумування результатів побудовано графік, який зображений на рисунку 36, що показує помітну різницю між розподілом товщин до застосування використаної методики та після.

Бачимо, що за допомогою даного методу можна досягти однорідності стінок виробу. Різновтовщинність зменшується майже вдвічі.



1 – попередній; 2 – після застосування методики

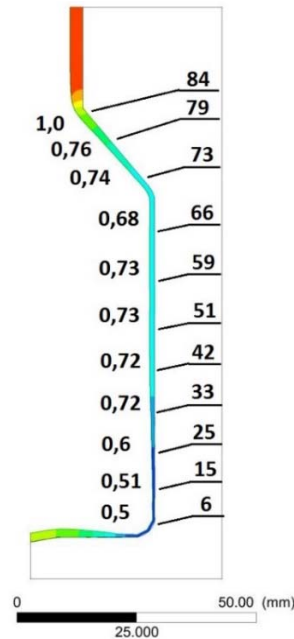
Рисунок 36 – Профіль товщин по висоті виробу

Можна зробити висновок, що проведені експерименти забезпечують отримання рівнотовщинності стінок виробу. Результати можуть бути впроваджені на виробництві пакувальної індустрії

#### 5.4 Оцінка достовірності числового моделювання

Для перевірки достовірності отриманих результатів проведено порівняння теоретичних даних товщини стінок виробу з дійсними товщинами флаконів. На рис. 37 зображено величини товщин одного з виробів, з яким проводилося порівняння.

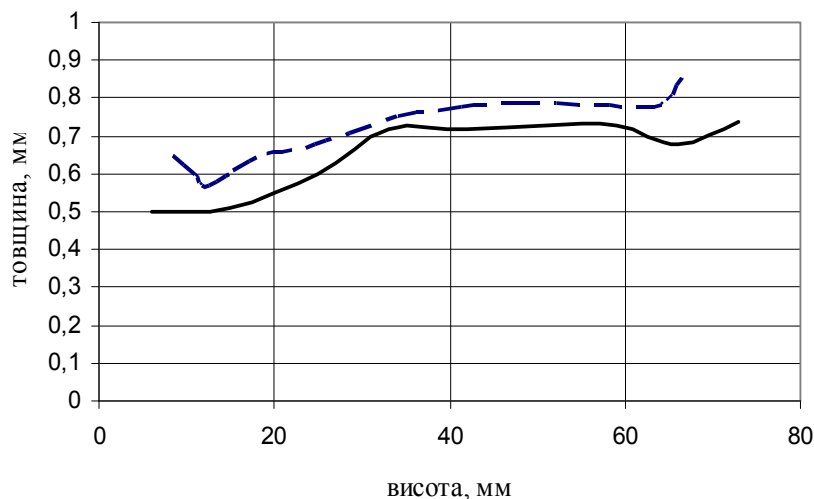
Для співставлення розрахункових значень товщин виробу з виміряними побудовано порівняльний графік, який зображено на рисунку 38 [24].



а) схема вимірювання товщини

б) фото флакона

Рисунок 37 – Розподіл товщини стінки дійсного виробу відносно висоти



1 – розрахункові значення; 2 – виміряні значення

Рисунок 38 – Розподіл товщини стінок флакона

Товщина реального виробу коливається від 0,51 мм до 0,73 мм, а розкид розрахункових значень – від 0,64 мм до 0,87 мм.

В результаті виконаних розрахунків похибок знайдено, що максимальна сумарна похибка становить 3,05 %, що є менше допустимого значення 5 %.

Отже, результати, приведені в попередніх розділах можна вважати достовірними, з урахуванням граничних та початкових умов.

## **6 ВИМОГИ ДО ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ПОЛІМЕРНИХ ВИРОБІВ**

### **6.1 Загальні положення та вимоги**

Правила охорони праці на підприємствах з виробництва полімерних виробів поділяються на загальні положення та вимоги, вимоги щодо технологічних процесів та вимоги безпеки до організації робочих місць [35, 36].

До загальних положень відносяться наступні пункти:

1.1. Ці Правила поширюються на суб'єктів господарювання незалежно від форм власності та організаційно-правових форм, які здійснюють діяльність з виробництва полімерних виробів.

1.2. Ці Правила встановлюють вимоги з охорони праці та безпеки виробництва полімерних виробів.

1.3. Ці Правила є обов'язковими для роботодавців та працівників, які виконують роботи з виробництва полімерних виробів.

Загальні вимоги:

2.1. Роботодавець повинен створити службу охорони праці відповідно до вимог Типового положення про службу охорони праці, затвердженого наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 15 листопада 2004 року № 255, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 01 грудня 2004 року за № 1526/10125 (НПАОП 0.00-4.21-04).

2.2. Роботодавець забезпечує навчання і перевірку знань з питань охорони праці відповідно до вимог Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26 січня 2005 року № 15, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 15 лютого 2005 року за № 231/10511 (НПАОП 0.00-4.12-05).

2.3. Роботодавець повинен організувати опрацювання і затвердити нормативні акти про охорону праці, що діють на підприємстві, відповідно до вимог Порядку опрацювання і затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві, затвердженого наказом Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 21 грудня 1993 року № 132, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 07 лютого 1994 року за № 20/229.

2.4. Роботодавець повинен організувати розроблення і перегляд інструкцій з охорони праці, що діють на підприємстві, відповідно до вимог Положення про розробку інструкцій з охорони праці, затвердженого наказом Комітету по нагляду за охороною праці Міністерства праці та соціальної політики України від 29 січня 1998 року № 9, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 07 квітня 1998 року за № 226/2666 (далі - НПАОП 0.00-4.15-98).

2.5. Роботодавець повинен організувати проведення атестації робочих місць за умовами праці відповідно до вимог Порядку проведення атестації робочих місць за умовами праці, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 01 серпня 1992 року № 442.

2.6. Забороняється залучення жінок до робіт, визначених у Переліку важких робіт та робіт із шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці жінок, затвердженому наказом Міністерства охорони здоров'я України від 29 грудня 1993 року № 256, зареєстрованому в Міністерстві юстиції України 30 березня 1994 року за № 51/260.

2.7. Забороняється залучення неповнолітніх до робіт, визначених у Переліку важких робіт і робіт із шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх, затвердженому наказом Міністерства охорони здоров'я України від 31 березня 1994 року № 46, зареєстрованому в Міністерстві юстиції України 28 липня 1994 року за № 176/385.

2.8. Працівники під час прийняття на роботу проходять попередній медичний огляд, а протягом трудової діяльності - періодичні медичні огляди

відповідно до вимог Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій, затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007 року № 246, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 23 липня 2007 року за № 846/14113.

2.9. Розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві здійснюються відповідно до вимог Порядку проведення розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 30 листопада 2011 року № 1232.

2.10. Роботодавець з урахуванням специфіки виробництва повинен розробити і затвердити відповідний перелік робіт з підвищеною небезпекою, для проведення яких потрібні спеціальне навчання і щорічна перевірка знань з питань охорони праці, відповідно до вимог Переліку робіт з підвищеною небезпекою, затвердженого наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26 січня 2005 року № 15, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 15 лютого 2005 року за № 232/10512 (НПАОП 0.00-2.01-05).

2.11. Роботодавець повинен розробити і затвердити план локалізації і ліквідації аварій відповідно до вимог Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки».

2.12. Роботодавець повинен одержати дозвіл на виконання робіт підвищеної небезпеки відповідно до вимог Порядку видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2011 року № 1107.

2.13. Вимоги щодо створення безпечних і нешкідливих умов праці шляхом належного облаштування робочих місць і виробничих, санітарно-побутових та інших приміщень повинні відповідати Загальним вимогам стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників, затвердженим наказом Міністерства надзвичайних ситуацій України від 25 січня 2012 року № 67, зареєстрованим в Міністерстві юстиції України 14 лютого 2012 року за № 226/20539.

2.14. Роботодавець повинен забезпечити безпечну та надійну експлуатацію виробничих будівель і споруд відповідно до вимог Положення про безпечну та надійну експлуатацію виробничих будівель і споруд, затвердженого наказом Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України, Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 27 листопада 1997 року № 32/288, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 06 липня 1998 року за № 424/2864 (НПАОП 45.2-4.01-98).

2.15. Небезпечні зони та території промислових майданчиків, транспортних шляхів, у виробничих приміщеннях і на робочих місцях повинні бути позначені знаками безпеки відповідно до вимог Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 року № 1262.

2.16. Улаштування, утримання, експлуатацію, обслуговування і ремонт електричних установок та електричних мереж необхідно здійснювати відповідно до вимог Правил безпечної експлуатації електроустановок, затверджених наказом Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 06 жовтня 1997 року № 257, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 13 січня 1998 року за № 11/2451 (далі - НПАОП 40.1-1.01-97), Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів, затверджених наказом Комітету по нагляду за охороною праці Міністерства праці та соціальної політики України від 09 січня 1998 року № 4, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 10 лютого 1998 року за № 93/2533, та вимог Технічного регламенту безпеки машин, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 30 січня 2013 року № 62 (далі - Технічний регламент безпеки машин).

2.17. Роботодавець повинен забезпечити працівників питною водою, яка повинна відповідати вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 12 травня 2010 року № 400,



zareestrovanih u Ministerstvi yustitsii Ukraini 01 lipnya 2010 roku za № 452/17747.

2.18. Robотодавець зобов'язаний забезпечити працівників ЗІЗ відповідно до вимог Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту, затвердженого наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 24 березня 2008 року № 53, zareestrovanoго в Ministerstvi yustitsii Ukraini 21 travnya 2008 roku za № 446/15137 (НПАОП 0.00-4.01-08).

2.19. Працівники, які виконують роботи з виробництва полімерних виробів, повинні бути забезпечені ЗІЗ згідно з Нормами безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам хімічних виробництв (Частина 1), затвердженими наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 07 вересня 2004 року № 194, zareestrovаними в Ministerstvi yustitsii Ukraini 26 zhovtnya 2004 roku za № 1362/9961 (НПАОП 24.0-3.01-04).

2.20. Працівники, на робочому місці яких еквівалентний рівень шуму перевищує допустимий рівень, повинні бути забезпечені протишумовими вкладишами, протишумовими навушниками, протишумовими шоломами, які відповідають вимогам Технічного регламенту засобів індивідуального захисту.

2.21. Працівники, на робочих місцях яких концентрація пилу перевищує або може перевищувати встановлені ГДК, повинні бути забезпечені ЗІЗ органів дихання відповідно до вимог Правил вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 28 грудня 2007 року № 331, zareestrovаних u Ministerstvi yustitsii Ukraini 04 kvitnya 2008 roku za № 285/14976.

2.22. Robотодавець повинен забезпечити стан пожежної безпеки відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні, затверджених наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій від 19 жовтня 2004 року

№ 126, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 04 листопада 2004 року за № 1410/10009 (далі - НАПБ А.01.001-2004).

## 6.2 Вимоги щодо технологічних процесів

До вимог щодо технологічних процесів, які відбуваються на підприємствах з виробництва полімерних виробів, відносяться наступні правила [35, 36].

### 1. Загальні правила

1.1. Виробничі процеси повинні відповідати вимогам СП 1042-73 «Санитарные правила организации технологических процессов и гигиенические требования к производственному оборудованию», СП 4783-88 «Санитарные правила для производств синтетических полимерных материалов и предприятий по их переработке» та ГОСТ 12.3.002-75 «ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности», Правил охорони праці на об'єктах з переробки пластичних мас, затверджених наказом Міністерства надзвичайних ситуацій України від 16 липня 2012 року № 989, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 07 серпня 2012 року за № 1336/21648.

1.2. Роботодавець повинен організувати контроль за викидами шкідливих речовин в атмосферне повітря населених місць відповідно до вимог Закону України «Про охорону атмосферного повітря», ДСП 201-97 «Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами)», ГОСТ 17.1.3.13-86 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения», ГОСТ 17.2.3.02-78 «Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями», а також водовідведенням відповідно до вимог СанПиН 4630-88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения», наказу Міністерства охорони здоров'я України від 17 березня 2011 року № 145 «Про затвердження Державних санітарних норм та правил утримання територій

населених місць», зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 05 квітня 2011 року за № 457/19195.

Поводження з відходами, які утворюються на підприємствах з виробництва полімерних виробів, повинно здійснюватись відповідно до вимог ДСанПіН 2.2.7.029-99 «Гігієнічні вимоги щодо поведження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення».

1.3. Технологічні процеси, пов'язані з транспортуванням продукції, необхідно здійснювати відповідно до вимог ГОСТ 12.3.020-80 «ССБТ. Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности».

1.4. Роботодавець повинен організувати контроль параметрів повітря робочої зони на вміст шкідливих речовин та пилу відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88.

1.5. Під час проведення технологічних процесів, пов'язаних із застосуванням шкідливих речовин 1 та 2 класів небезпеки відповідно до ГОСТ 12.1.007-76, повинна бути виключена можливість контакту працівників із цими речовинами.

1.6. У виробничих приміщеннях повинна бути встановлена система автоматичного включення аварійної вентиляції, зблокована з газоаналізаторами.

Крім системи автоматичного вмикання аварійної вентиляції, повинна бути передбачена можливість ручного вмикання аварійної вентиляції за допомогою пускових пристроїв.

1.7. Роботодавець повинен забезпечити проведення державної санітарно-гігієнічної експертизи технологій, продукції та сировини відповідно до вимог Порядку проведення державної санітарно-гігієнічної експертизи, затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України від 09 жовтня 2000 року № 247 (у редакції наказу Міністерства охорони здоров'я України від 14 березня 2006 року № 120), зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 10 січня 2001 року за № 4/5195.

1.8. Роботодавець повинен організувати розроблення паспортів безпечності на полімерні вироби, що виробляються, відповідно до вимог ДСТУ ГОСТ 3033:2009 «Паспорт безпечності хімічної продукції. Загальні вимоги (ГОСТ 30333-2004, ITD)».

1.9. Зберігати та транспортувати сировину, готову продукцію та відходи виробництва необхідно у виробничій тарі.

Порошкоподібні матеріали необхідно зберігати в бункерах або закритій тарі. Транспортування порошкоподібних матеріалів необхідно здійснювати способом, що унеможливило їх розпилення.

1.10. Речовини та матеріали, що застосовуються під час виробництва полімерних виробів, повинні зберігатися залежно від пожежонебезпечних фізико-хімічних властивостей, сумісності, а також ознак однорідності речовин, що застосовуються для гасіння пожежі відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2004.

1.11. Сушильні приміщення (камери, шафи) для вихідних матеріалів, сировини, напівфабрикатів і готових виробів для видалення залишкової вологи повинні бути обладнані виробничою автоматикою, яка вимикає нагрівальні прилади в разі підвищення температури вище допустимої.

1.12. Обладнання, машини, устаткування та системи керування ними повинні відповідати вимогам Технічного регламенту безпеки машин.

Вимоги до безпеки, маркування та введення в обіг обладнання, що працює під тиском, повинні відповідати вимогам Технічного регламенту безпеки обладнання, що працює під тиском, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 19 січня 2011 року № 35.

1.13. Перевезення вантажів необхідно здійснювати транспортними засобами (електрокари, автокари тощо) відповідно до вимог Технічного регламенту безпеки машин.

Заборонено перевозити працівників транспортними засобами, призначеними для перевезення вантажів.

1.14. Пускові пристрої основних машин, механізмів і апаратів, механізми для підготування сировини та відходів (дробарки, бігуни, млини) повинні бути заблоковані із запобіжними огорожувальними конструкціями.

1.15. На приводах комунікаційних апаратів повинно бути чітко зазначено положення «Включено» та «Відключено» відповідно до схеми розташування та взаємозв'язку технологічного обладнання і трубопроводів та вимог Технічного регламенту безпеки машин.

## 2. Вимоги охорони праці під час екструзійного виробництва

2.1. Огляд, випробування, експертне обстеження (технічне діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки здійснюються відповідно до вимог Порядку проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 26 травня 2004 року № 687.

2.2. Перед запуском екструдера для всіх полімерів, крім поліолефінів, необхідно проводити чистку циліндра та шнека, фільтрів-решіток і формувальної головки.

2.3. Для очищення шнека, головки, циліндра, поверхонь деталей слід використовувати тільки латунні або мідні скребки.

2.4. Очищення обладнання необхідно проводити відразу після його зупинки і в умовах, що не перевищують охолодження більше ніж на 10-20 °С нижче температури плавлення полімеру (але не температури переробки).

2.5. Запуск екструдера необхідно здійснювати після нагрівання до температури, визначеної технологічним процесом до екструзійного виробництва.

2.6. Обладнання для виготовлення виробів методом екструзії з роздувом необхідно перевіряти на холостому ходу з перевіркою подачі води для охолодження на видувні форми та завантажувальну воронку, а також рівня заповнення маслом редукторів, резервуарів гідросистем та змащувальних систем.

2.7. На робочих поверхнях шнека, циліндра, головки не повинно бути подряпин, вм'ятин, задирок, забоїн, відшарувань покриття. З'єднувальні частини головки (фланці, ребра дорноприймача тощо) повинні ретельно протиратись після проведення процесу.

2.8. Забороняється експлуатувати екструзійно-видувне обладнання у випадку порушення цілісності хромованих покриттів робочих поверхонь, наявності застійних зон в циліндрі, формувальній головці, нещільностей у місцях з'єднань.

### 6.3 Вимоги безпеки до організації робочих місць

До правил, що стосуються робочих місць працівників, відносяться такі:

5.1. Робочі місця працівників повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования», ГОСТ 12.2.033-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования» та ДСТУ ГОСТ 12.2.061:2009 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам».

5.2. Конструкція улаштування робочого місця повинна забезпечувати можливість зручного регулювання його розмірів та експлуатаційних параметрів з урахуванням специфіки виконуваної роботи та антропометричних характеристик працівника відповідно до вимог ДСТУ 7234:2011 «Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки».

5.3. На робочих місцях повинні знаходитись інструкції з охорони праці, розроблені відповідно до вимог НПАОП 0.00-4.15-98.

5.4. Робочі місця працівників, які керують виробничим обладнанням, повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.064-81 «ССБТ. Органы управления производственным оборудованием. Общие требования безопасности».

5.5. Рівень шуму на робочих місцях повинен відповідати нормам, установленим ДСН 3.3.6.037-99.

Роботодавець повинен здійснювати контроль рівня шуму відповідно до вимог ГОСТ 12.1.050-86 «ССБТ. Методы измерения шума на рабочих местах» та ДСТУ 2867-94 «Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги».

5.6. Рівень вібрації на робочих місцях не повинен перевищувати норм, установлених Державними санітарними нормами виробничої загальної та локальної вібрації, затвердженими постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року № 39 (ДСН 3.3.6.039-99), та ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования».

5.7. Засоби захисту від статичної електрики у пожежонебезпечних зонах будь-якого класу повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.018-93 «ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования» та ГОСТ 12.4.124-83 «ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования».

5.8. Виробничі та допоміжні приміщення повинні бути обладнані системами вентиляції. Улаштування, експлуатація, обслуговування, ремонт, налагодження та проведення інструментальної перевірки ефективності роботи систем вентиляції повинні здійснюватися відповідно до вимог Правил з безпечної експлуатації систем вентиляції у хімічних виробництвах, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 05 жовтня 2009 року № 164, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 27 жовтня 2009 року за № 988/17004 (НПАОП 0.00-1.27-09).

5.9. У робочій зоні виробничих приміщень вміст шкідливих речовин не повинен перевищувати ГДК відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88.

5.10. Виробничі, складські та допоміжні приміщення повинні бути забезпечені природним, штучним та суміщеним освітленням залежно від характеристики зорової роботи відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення», затверджених наказом Міністерства

будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства від 15 травня 2006 року № 168.

5.11. Робоче місце не повинно містити сторонні предмети, готову продукцію та відходи виробництва.



## 7 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

### 7.1 Опис ідеї проекту

Основна ідея розробки стартап-проекту полягає в удосконаленні методу видувного формування за допомогою використання головки з програмним регулюванням товщини стінки заготовки.

Сутність: за допомогою екструдера відбувається формування заготовки у вигляді трубки (рукава), яка потім поступає в форму, де і відбувається процес формування виробу за рахунок створення всередині заготовки підвищеного тиску повітря.

Недоліки методу: реалізація методу відбувається в два етапи, що потребує наявності двох типів формуючого інструмента та транспортних затрат; отримані вироби мають значну різнотовщинність (неоднорідність товщини стінок); наявність технологічних відходів.

Метою проекту є покращення якості отриманих виробів за допомогою методу видувного формування, зниження кількості матеріалу, досягнення однорідності товщини заготовки.

Впровадження стартап-проекту дозволяє уникнути одного з недоліків процесу формування - різнотовщинності виробу. На основі досліджень виявлено, що результат досягається при зміні перерізу вихідного каналу головки за певною програмою.

На рисунку 5 показано, що зміна товщини стінки заготовки в процесі її екструзії відбувається шляхом осьового зміщення дорна 9 відносно мундштука 10. При цьому два етапи формування поєднуються в один, що знижує витрати на транспортування, а також досягається однорідність товщини заготовки.

Конкуренти: підприємства, які займаються випуском продукції за нижчими ціною та якістю.

Конкурентні переваги: до переваг можна віднести простоту технології, можливість автоматизації процесу формування, зменшення кількості матеріалу (так як при програмній реалізації видування кількість матеріалу також розраховується), уникнення різнотовщинності виробу. Основною перевагою є остання.

## 7.2 Аналіз ринкових можливостей стартап-проекту

Після формування ідеї перед реалізацією проекту необхідною складовою є проведення аналізу пропозиції (Табл. 7), тобто визначення загальних рис конкуренції на ринку [37].

Таблиця 7. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Тип конкуренції: <u>олігополія</u>	Деякі фірми володіють великими ринковими частками. Продукт може бути як диференційованим, так і стандартизованим Ці фірми на ринку здатні впливати на ціну товару, варіюючи його наявність на ринку	Ціна товарів на даному підприємстві повинна бути в таких же межах. Необхідно усвідомлювати, що створення нового підприємства та введення продукції будуть складними
2. Рівень конкурентної боротьби: <u>національний</u>	Підприємство пов'язане з виробництвом країни	Відповідність технології та якості продукту вимогам законодавства України
3. За галузевою ознакою:	Виробництво порожнистих виробів охоплює такі галузі: харчова, хімічна, фармацевтична	Урахування особливостей конкурентного середовища кожної галузі, з якою

<u>міжгалузева</u>	та ін.	взаємодіє проект: ціна, якість, ринок та ін.
4. Конкуренція за видами товарів: <u>товарно-ротова</u>	Фірни виробляють різні товари, які орієнтовані на задоволення однієї і тієї ж потреби одних і тих же цільових споживачів	Відстеження тенденцій на ринку з можливістю появи на ринку продуктів-замінників
5. За характером конкурентних переваг: <u>цінові</u> та <u>нецінові</u>	Цінові переваги: нижча ціна Нецінові переваги: підвищена якість за рахунок нової технології, економія матеріалу	Гнучке ціноутворення з урахуванням динаміки попиту. Удосконалення технологій, що спрямовані на підвищення основних переваг
6. За інтенсивністю: <u>не марочна</u>	Роль торгової марки незначна, хоча самі марки можуть бути присутні.	Забезпечення масштабованості проекту в найближчій перспективі для створення стійкого сприйняття стартапу як окремої бізнес одиниці

За визначеними факторами конкурентоспроможності (Табл. 7) проводиться оцінювання змін стратегічної зони господарювання (СЗГ) стартап-проекту (Табл. 8).

Таблиця 8. Аналіз зміни в прогнозованому збільшенні СЗГ

Параметри	Шкала інтенсивності											
	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	
1. Темп збільшення галузі							●					
2. Приріст числа споживачів									●	●		
3. Динаміка розширення ринку							●	●				
4. Ступінь оновлення продукції						●						
5. Ступінь оновлення технології										●		
6. Рівень насичення попиту				●								
7. Суспільне сприйняття товару								●				
8. Державне регулювання збільшення							●					
9. Збільшення числа конкурентів								●				
10. Ступінь старіння продукції						●						
Загальна оцінка змін	9											

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities)) на основі вказаних факторів маркетингового середовища для даного проекту (табл. 7-8). Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими

результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: насичення ринку товаром – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо зниження попиту на товари, що є ринковою загрозою. Табл. 9 є відображенням актуальності впровадження проекту з його можливостями та загрозами.

Таблиця 9 – SWOT- аналіз стартап-проекту

<i><b>Сильні сторони</b></i>	<i><b>Слабкі сторони</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- якісна продукція</li> <li>- товари на замовлення</li> <li>- співпраця з ВНЗ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- недостатність досвіду працівників</li> <li>- економічна криза в країні</li> </ul>
<i><b>Можливості</b></i>	<i><b>Загрози</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- підвищення досвіду: тренінги, курси</li> <li>- створення кола споживачів (товари на замовлення)</li> <li>- залучення працівників з досвідом роботи</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- зменшення попиту на товар</li> <li>- фінансові витрати для підвищення досвіду</li> </ul>

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок. Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (табл. 10).

Альтернативні проекти:

1. Підприємство, яке створене для конкретних потреб виробництва без товарів на замовлення – тобто є певним «додатком» до підприємств.

2. Відділ існуючого підприємства – вказаний проект впроваджується на вже існуючому підприємстві з виготовлення полімерної тари.

### 3. Підприємство, яке займається утилізацією полімерної сировини.

Таблиця 10. Альтернативи ринкового впровадження стартап - проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	вище середньої	6 місяців
2	Стратегія підсилення сильних сторін за рахунок ринкових можливостей	висока	6 місяців
3	Стратегія компенсації слабких сторін наявними ринковими можливостями	середня	1 рік
4	Стратегія виходу з ринку	низька	не має

Із вказаних альтернативних проектів можна обрати другий (відділ існуючого підприємства) з точки зору аналізу отримання ресурсів та строків реалізації.

### 7.3 Розроблення ринкової стратегії проекту

#### Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 11).

Таблиця 11. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачі в сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивніс ть конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Підприємства, які спеціалізовані на виготовленні полімерної упаковки, та які зацікавлені співпрацювати з метою удосконалення продукції	висока	середній	низька	високий бар'єр входу у галузь
Які цільові групи обрано: підприємства, які відносяться до харчової, хімічної, фармацевтичної галузей					

Проаналізувавши групи потенційних клієнтів та споживачів, визначаємо стратегію охоплення ринку. Оскільки компанія працює із кількома сегментами, з різними галузями виробництва, розробляючи для них окремо програми ринкового впливу, то використовуємо стратегію диференційованого маркетингу.

#### Визначення базової стратегії розвитку

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 12).

Таблиця 12. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентно- спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Надання товару нових відмітних рис (нової товщини)	Стратегія диференційова ного маркетингу	Зниження степені замінності товару	Стратегія диференціа ції
2	Контроль над сировиною	Стратегія диференційова ного маркетингу	Економія сировини	Стратегія диференціа ції

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 13).

Таблиця 13. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохо дцем» на ринку?	Компанія буде шукати нових споживачів або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Ні, так як проект покращує лише деякі	Можливі обидва варіанти	Основні характеристики будуть змінені, так як на це і спрямований проект	Стратегія наслідування лідеру



	етапи виробництва		(деякі характеристики мають вищі показники)	
--	----------------------	--	--	--

#### Визначення стратегії позиціонування

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 12) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 13) розробляється стратегія позиціонування (табл. 14), яка полягає у формуванні ринкової позиції (комплекс асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 14. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Уникнення неодноріднос ті товщини товарів, виготовлених з полімерних матеріалів	Стратегія диференц іації	- Підвищення якості товару - Можливість регулювання товщини та її однорідність - Зменшення витрат сировини - Співпраця з ВНЗ - Продукція на замовлення	- Регулювання однорідності товщини - Економність - Екологічність

Результатом виконання підрозділу має стати узгоджена система рішень щодо ринкової поведінки стартап-компанії, яка визначатиме напрями роботи стартап-компанії на ринку.

#### 7.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

##### Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 15 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 15. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
	Забезпечення однорідності товщини полімерної упаковки	Зменшення витрат сировини	Економія сировини
		Досягнення однорідності товщини упаковки	- усунення різнотовщинності - можливість регулювання товщини
		Екологічність	Зменшення кількості матеріалу, який використовуються, отже, і якого потім необхідно переробляти

##### Розробка трирівневої моделі товару

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 16).

Таблиця 16. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
Товар за задумом	Споживач потребує як якісної продукції, так і надійної упаковки – в даному випадку, проект забезпечує споживача вищими показниками однорідності товщини товару, а отже, надійність, технологічність та економічність виробництва.
Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики
	Технічне призначення – зменшення маси товару
	Технологічність – зменшення трудомісткості
	Економічність – зменшення витрат на сировину
	Якість: підвищується
	Пакування: авторське
	Марка: Methodellize + назва товару (залежить від замовника)
Товар із підкріпленням	До продажу: прояв уваги до покупця, розуміння його потреб та бажань, знижки на продукції Після продажу: підтримання контактів, гарантія на продукцію
<p>За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання:</p> <p>Застосування методики, яку ще не запровадили існуючі заводи.</p> <p>Розуміння клієнта.</p> <p>В кожному замовленні – сюрприз! (в упаковці, в товарі, або як додатковий товар)</p>	

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від копіювання. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау,

чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару.

#### Визначення цінових меж

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 17). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 17. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари- замінники, грн	Рівень цін на товари- аналоги, грн	Рівень доходів цільової групи споживачів, тис. грн	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу, грн
	1,5 - 10	1,5 - 10	-	1 – 8 (за 1 шт, залежно від розміру та об'єму замовлення)
	-	-	-	До 100 і більше (*)

\* - при замовленні декоративних упаковок

#### Визначення оптимальної системи збуту

Далі необхідно визначити оптимальну систему збуту, в межах якого приймається рішення (табл. 18):

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 18. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Збут передбачає продаж продукції через торгові організації, незалежні від виробника, і використовується для досягнення географічно розосереджених ринків	Постачання товару на підприємство для подальшого дозування продукції	На споживчих ринках - оптові і роздрібні торговці, на ринках товарів промислового призначення - промисловий дистриб'ютор і дилер	Непрямий збут продукції, дворівневий канал збуту

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 19).

Таблиця 19. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення
1	Обережний вибір	Інтернет-розсилки	Технологія	Привернути увагу до нової методики та можливостей,
2	потенційних контрагентів, що	Спеціалізовані видання	Технологія	
3	зумовлено	Спеціалізовані	Технологія	

	особливістю ринку	виставки, форуми		які вона впроваджує
--	----------------------	------------------	--	------------------------

В результаті отримано ринкову (маркетингову) програму, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, що спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

### 7.5 Висновки

У висновках узагальнюється проведений аналіз та зазначається про наступні можливості проекту:

- Є можливість ринкової комерціалізації проекту, так як наявний попит на введений на ринок товар, і попит зростає. Отже, проект є рентабельним на ринку.
- Є перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів. Але труднощі можуть бути при входженні на ринок, та під час перебування на ринку буде висока конкуренція, що дозволить виявити недоліки та усунути їх на початку впровадження товару.
- При складних економічних умовах в країні, а отже, і на ринку, доцільно обрати таку альтернативу (варіант) впровадження для ринкової реалізації проекту: створення підприємства для конкретних потреб, орієнтація на великі підприємства (товари на замовлення – усунути).
- При сприятливих економічних умовах є доцільною подальша імплементація проекту.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської дисертації можна зробити наступні висновки.

1. Проаналізовано сучасний стан галузей виробництва, пов'язаних з виготовленням полімерних виробів, зокрема виробів хімічної, харчової та фармацевтичної галузей. Вивчено конструкції та принципи роботи агрегатів для отримання полімерних виробів різної конфігурації та об'єму.

2. Підтверджено актуальність процесу видувного формування для виробництва полімерних виробів, але знайдено, що деякі недоліки видувних агрегатів, які використовуються для виготовлення виробів, залишаються невирішеними, серед яких і висока різнотовщинність.

3. З метою усунення різнотовщинності стінок виробів проведено літературно-патентний огляд та подано патент на корисну модель, суть якого полягає в зниженні різнотовщинності шляхом зміни конструкції агрегату.

4. На основі однієї з пресформ проведено дослідження товщини стінок заготовки при різних початкових параметрах та при зміні радіусу нижнього кута донця.

5. В ході літературно-патентного пошуку виявлено, що методика програмного регулювання товщини дозволяє отримати необхідні значення товщини стінки заготовки, забезпечуючи її рівнотовщинність та зменшення витрат матеріалу.

6. Знайдено оптимальні значення основних параметрів видувного формування для обраної форми на основі вказаної методики, що підтверджуються проведеними розрахунками.

Результати магістерської дисертації можуть бути впроваджені на підприємствах пакувальної галузі виробництва, зокрема – для виготовлення пляшок та флаконів для хімічної, фармацевтичної та харчової промисловостей.

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов: Учебник для вузов /Басов Н.И., Брагинский В.А., Казанков Ю.В.– М: Химия, 1991. – 352 с.: ил.
2. Производство изделий из полимерных материалов: Учеб. пособие /Крыжановский В.К. и др. – СПб.: Профессия, 2004 с., ил.
3. Оборудование предприятий по переработке пластмасс/Завгородний В.К., Калининчев Э.Л., Махаринский Е.Г. – М.: Химия, 1972. – 464 с.:ил.
4. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов /Басов Н.И. - М: Химия, 1986. - 488 с.
5. Технология лекарств промышленного производства: учебник для студ. высш. учебн. завед.: перевод с укр. яз /В. И. Чуешов и др. – Винница : Нова Книга, 2014. – 696 с.
6. Сирохман, І. В. Товарознавство пакувальних матеріалів і тари: підруч. /Сирохман І.В, Завгородня В.М. – К. : ЦНЛ, 2005. – 614 с.
7. Blow molding device for a rotary bottle blowing machine – Patent US 9050749B1, B29C 49/36, 09.06.2015.
8. An extrusion head for blow moulding of hollow bodies with a system of distribution of the thickness of the walls of the parizon – Patent WO 2008011893A1, B29C 47/22, 25.07.2006.
9. Blow molding device for a rotary bottle blowing machine and a method for using the same – Patent US 2016000187A1, B29C 49/42, 7.07.2014.
10. Экструзионная головка для выдувного формования полых тел с системой распределения толщины стенок заготовки – Патент RU 2411123, B29C 47/22, 25.07.2006.
11. Роторна екструзійно-видувна машина – Патент UA 11201, B29C 49/04, 25.12.1996.



12. Extrusion blow moulding equipment reciprocating moulds moving “to and fro” having a small footprint – Патент US 20140227384 A1, B29C 49/04, 14.08.2014.
13. Parison supply device and supply method, and blow molding method using same – Патент US 20170173842 A1, B29C 49/42, 22.06.2017.
14. Process for producing a blow-moulded plastic container and such a plastic container – Патент US 20160144551 A1, B29C 9/12, 26.05.2016.
15. System for blow molding plastic containers – Патент WO 2017102918 A1, B29C 49/56, 22.06.2017.
16. Механізм замикаання прес-форми пристрою для видування ПЕТ-тари – Патент UA 82514, B29C 49/28, 12.08.2013.
17. Прес-форма для лиття пластмасового тонкостінного виробу з дном – Патент UA 86583, B29C 43/00, 10.01.2014.
18. Головка для безперервного обкладання або просочування полімерним матеріалом щонайменше одного повздовжнього елемента – Патент UA 116166, B29C 47/12, 10.05.2017.
19. Способ формования полых полимерных изделий раздувом в форме – Патент SU 1691123, B29C 49/04, 15.11.1991.
20. Liquid blow molding device and liquid blow molding method – Патент WO 2017154430 A1, B29C 49/12, 14.09.2017.
21. System for blow molding plastic containers – Патент WO 2017102918 A1, B29C 49/56, 22.06.2017.
22. Заявка на отримання патенту на корисну модель № u 2018 00432 «Форма для видувного формування порожнистих пластикових виробів».
23. ANSYS Polyflow User's Guide – Canonsburg, PA 15317, 2013. – 790 p. – (ANSYS, Inc. South pointe).
24. Journal of Polish simac. Ansys-polyflow software use to select the parison diameter and its thickness distribution in blowing extrusion
25. Numerical shape optimization in blow molding/Johannes A.W.M. Groot. – Technical Universiteit Eindhoven, 2011.
26. Theoretical and experimental study of non-isothermal deformation of a blow molding parison/Santanu Basy, Franco Fernandez – California, 1983.

27. The dynamics of parison development in blow molding/Dilhan Kalyon, Victor Tan, Musa R.Kamal – Canada, 1980.
28. Integrated numerical modeling of the blow molding process/D. Laroche, K.K. Kabanemi, L.Pecora – Canada, 1999.
29. <http://www.packgroup.com.ua/ru/catalog/pharma/medflakony/2.html>
30. Описание измерений физических величин [Электронный ресурс] / «Погрешности измерений физических величин». – Режим доступа: <http://schools.keldysh.ru/sch764/files/pogr.htm>
31. Описание расчета погрешности [Электронный ресурс] / «Краткая теория погрешностей». – Режим доступа:
32. Методика расчета [http://portal.tpu.ru:7777/departments/kafedra/tief/method\\_work/method\\_work2/lab1/LabsMechMolecFiles/obrabotka.pdf](http://portal.tpu.ru:7777/departments/kafedra/tief/method_work/method_work2/lab1/LabsMechMolecFiles/obrabotka.pdf)
33. Описание штангенциркуля [Электронный ресурс] / «Digital Vernier Caliper» – Режим доступа: <https://www.amazon.co.uk/Digital-Vernier-Caliper-Electronic-Micrometer/dp/B075H6M2CM>
34. Класс точности прибора <http://ogodom.ru/kak-opredelit-klass-tochnosti-pribora.html>
35. <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z1750-13>
36. [https://dnaop.com/html/32287/doc%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F\\_25.0-1.04-13/](https://dnaop.com/html/32287/doc%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F_25.0-1.04-13/)
37. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

## ДОДАТКИ

**Додаток А.**  
**Специфікації**

[illegible]

**Додаток Б.**  
**Публікації**

Фор-мат	Поз	Позначення	Найменування	Кіл.	Приме-чание
			<u>Документація</u>		
A1		ЛУ61м.025165.001-90ВЗ	Пресформа для видувного	1	
			формування		
			<u>Складальні одиниці</u>		
	1	ЛУ61м.025165.001.01-90ВЗ	Головна частина	1	
	2	ЛУ61м.025165.001.02-90ВЗ	Підтримуюча частина	1	
	3	ЛУ61м.025165.001.03-90ВЗ	Корпус кріплення	1	
			головної частини		
	4	ЛУ61м.025165.001.04-90ВЗ	Вставка формуюча	1	
	5	ЛУ61м.025165.001.05-90ВЗ	Вставка формуюча	1	
	6	ЛУ61м.025165.001.06-90ВЗ	Вставка формуюча		
	7	ЛУ61м.025165.001.07-90ВЗ	Вставка для отримання	1	
			флакона об'ємом 20мл.		
	8	ЛУ61м.025165.001.08-90ВЗ	Вставка з штампом	1	
	9	ЛУ61м.025165.001.09-90ВЗ	Вставка формуюча	1	
			донну частину		
	10	ЛУ61м.025165.001.10-90ВЗ	Блок штуцеровки	1	
	11	ЛУ61м.025165.001.11-90ВЗ	Блок штуцеровки	1	
	12	ЛУ61м.025165.001.12-90ВЗ	Корпус кріплення	1	
	13	ЛУ61м.025165.001.13-90ВЗ	Втулка	1	
			<u>Стандартні вироби</u>		
	14		Болт М12	2	
			ГОСТ 7805-70		
	15		Штифт 2х0,3х10	2	
			ГОСТ 3128-70		